

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1934

THÈSE

N°

801

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE
(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Roger MICHEL

Né à Troyes (Aube) le 14 Mars 1909

Ancien externe des Hôpitaux de Paris

I

RÉACTION PSYCHOMOTRICE
ET CHRONAXIE VESTIBULAIRE

(TRAVAIL DU LABORATOIRE D'ÉTUDES
MÉDICO-PHYSIOLOGIQUES DE L'AÉRONAUTIQUE)

II

CHRONAXIE DU NERF PHRÉNIQUE
ET PHRÉNICOEXÉRÈSE

(TRAVAIL DU SANATORIUM DES ÉTUDIANTS DE FRANCE
A SAINT-HILAIRE DU TOUVET (ISÈRE))

Président : M. LÉON BINET, professeur

G. DOIN & C^{ie}

== Editeurs ==

8, place de l'Odéon, PARIS (VI^e)

== 1934 ==

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1934

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Roger MICHEL

Né à Troyes (Aube) le 14 Mars 1909

Ancien externe des Hôpitaux de Paris

I

RÉACTION PSYCHOMOTRICE ET CHRONAXIE VESTIBULAIRE

(TRAVAIL DU LABORATOIRE D'ÉTUDES
MÉDICO-PHYSIOLOGIQUES DE L'AÉRONAUTIQUE)

II

CHRONAXIE DU NERF PHRÉNIQUE ET PHRÉNICOEXÉRÈSE

(TRAVAIL DU SANATORIUM DES ÉTUDIANTS DE FRANCE
A SAINT-HILAIRE DU TOUVET (ISÈRE))

Président : M. LÉON BINET, professeur

G. DOIN & C^{ie}

— Editeurs —

8, place de l'Odéon, PARIS (VI^e)

— 1934 —

DOYEN... ROUSSY

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Physiologie	LÉON BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	ROBERT DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie médicale et générale	BAUDOUIN.
Pathologie chirurgicale	CHEVASSU.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZAR.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET.
Clinique médicale	BEZANÇON.
	CARNOT.
	CLERC.
	MARCEL LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBOULLET.
Clinique des maladies des enfants	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	CUNÉO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GRÉGOIRE.
	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	MARION.
	BRINDEAU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	PROUST.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	PIERRE DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la tuberculose	N...
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
	HOVELACQUE.
Professeurs sans chaire	MULON.
	OLIVIER.
	VERNE.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.		MM.	
BÉNARD (H.) ..	Pathologie médicale.	LANTUÉJOUL .	Obstétrique.
BERNARD (E.).	Pathologie médicale.	LAROCHE (G.).	Pathologie médicale.
BOULIN	Pathologie médicale.	LEMAIRE	Pathologie expérimentale.
BULLIARD ...	Histologie.	LEVEUF	Pathologie chirurgicale
CATHALA	Pathologie médicale.	M ^{lle} LÉVY (J.).	Pharmacologie.
CHEVALLIER .	Pathologie médicale.	LÉVY-VALENSI.	Neurologie et Psychiâtrie.
DOGNON	Physique.	MOREAU	Pathologie médicale.
FEY	Urologie.	MOULONGUET.	Pathologie chirurgicale
GALLIARD ...	Parasitologie.	MOUQUIN	Pathologie médicale.
GASTINEL ...	Bactériologie.	OBERLING ..	Anatomie pathologique
GAUDART D'ALLAINES.	Pathologie chirurgicale	PETIT-DUTAILLIS.....	Pathologie chirurgicale
GAYET	Physiologie.	PIEDELIEVRE.	Médecine légale.
GIROUD	Histologie.	PORTES	Obstétrique.
HAGUENEAU ..	Pathologie médicale.	RICHET	Physiologie.
HALPHEN	Oto-rhino-laryngologie.	SANNIÉ	Chimie biologique.
HAZARD	Pharmacologie.	SÈNEQUE	Pathologie chirurgicale
HUGUENIN ...	Anatomie pathologique	TROISIER	Pathologie expérimentale.
JOANNON	Hygiène.	TURPIN	Pathologie médicale.
LABBÉ (Henri)	Chimie biologique.	VIGNES	Obstétrique.
LACOMME ...	Obstétrique.	WILMOTH ...	Pathologie chirurgicale

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE pour le service des examens

MM.		MM.	
ALGLAVE	Pathologie chirurgicale	LEROUX	Anatomie pathologique
BUSQUET	Pharmacologie.	NEVEU-LEMAIRE	Parasitologie.
MAILLET-BERT	Physiologie.	ZIMMERN	Physique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE à titre permanent

MM.		MM.	
ABRAMI	} Clinique médicale.	BASSET	} Clinique chirurgicale.
ALAJOUANINE.		BROCQ	
AUBERTIN ...		CADENAT	
BRULÉ		GATELLIER ..	
CHABROL		HEITZ-BOYER.	
CHIRAY		MOCQUOT ...	
DONZELOT ..		MOURE	
DUVOIR		QUENU	
HARVIER		SCHWARTZ ..	
LIAN		VELTER	
PASTEUR-VALLÉRY-RADOT			
SÉZARY			

MM.

GUENIOT	} Clinique obstétricale.
LE LORIER ...	
LÉVY-SOLAL ..	
METZGER	
ECALLE	

V. — CHARGÉS DE COURS

MM.

CHAILLEY-BERT, agrégé ..	Puériculture.
LEDoux-LEBARD	Radiologie clinique.
WEIL HALLÉ	Education physique.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE

A MON PÈRE

A MA GRAND-MÈRE

A MA MÈRE ADOPTIVE

A MON FRÈRE JUMEAU LE DOCTEUR JEAN MICHEL

A MON JEUNE FRÈRE GILBERT

A TOUS MES PARENTS

A TOUS MES AMIS

A MON MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur LÉON BINET

Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin de l'Hôpital Necker

*En témoignage de notre profonde reconnaissance pour
l'accueil qu'il nous a réservé dans son laboratoire et
pour les excellents conseils qu'il nous a prodigués au
cours de nos recherches.*

A Monsieur le Médecin Colonel J. BEYNE.

Directeur des Services médico-physiologiques du Ministère de l'Air.

*En témoignage de notre profonde reconnaissance pour
l'accueil qu'il nous a réservé dans son laboratoire du
Val-de-Grâce et pour les excellents et nombreux conseils
qu'il nous a prodigués au cours de ce travail.*

A Monsieur le Docteur G. BOURGUIGNON.

Electro-radiologiste de l'Hôpital de la Salpêtrière
Directeur du Laboratoire d'électrologie de l'Ecole des Hautes Etudes

*En témoignage de notre profonde reconnaissance pour
l'accueil qu'il nous a réservé dans son laboratoire, pour
les excellentes leçons que nous avons recueillies au cours
de son enseignement et pour les précieux conseils qu'il
nous a prodigués au cours de ce travail.*

A Monsieur le Docteur P. GARRELON.

Chef de travaux pratiques de physiologie à la Faculté de Médecine de Paris

qui a bien voulu guider nos premiers pas en physiologie. Nous tenons à l'en remercier profondément.

A Monsieur le Docteur DOUADY.

Médecin-Directeur du Sanatorium des Etudiants de France

qui nous a accueilli dans cette chère maison de Saint-Hilaire-du-Touvet et a bien voulu, tout en assurant notre guérison, apporter sa précieuse collaboration clinique et radiologique.

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

STAGE :

- 1928 Monsieur le Professeur LEJARS (*in memoriam*).
1929 Monsieur le Professeur WIDAL (*in memoriam*).
Monsieur le Docteur BRULÉ.
Monsieur le Professeur VAQUEZ.
1930 Monsieur le Professeur LENORMANT.
Monsieur le Professeur LEREBoullet.

EXTERNAT :

- 1931 Monsieur le Professeur LEJARS (*in memoriam*).
1932 Monsieur le Docteur LOUSTE (*in memoriam*).
1933 Monsieur le Docteur SAINTON.
Monsieur le Docteur GARCIN.

A MES MAITRES DE L'HOPITAL MILITAIRE DU VAL-DE-GRACE

RÉACTION PSYCHO-MOTRICE ET CHRONAXIE VESTIBULAIRE

INTRODUCTION

Lorsqu'en 1916 CAMUS et NEPPER furent chargés par le Gouvernement d'organiser un service d'études des réactions nerveuses des candidats à l'aviation : leur pensée était la suivante : « Les risques que peuvent courir les aviateurs pendant leur période d'instruction ; non seulement les dangers auxquels plus tard ils sont exposés, mais encore ceux auxquels ils exposent les passagers dont la vie leur est confiée, imposent une sélection sévère des futurs pilotes. »

L'examen des candidats comporte naturellement le contrôle de l'intégrité des diverses organes des sens (vue, ouïe, sens tactile), des appareils respiratoires et circulatoires ; en un mot, pour être aviateur il faut être physiquement sain. Mais cet examen clinique laisse dans l'ombre un point capital, c'est la façon dont le futur aviateur peut utiliser les impressions données par ses sens pour effectuer les manœuvres qu'elles doivent lui suggérer, c'est ici qu'interviennent les qualités du système nerveux.

Ces qualités du système nerveux sont variables avec les sujets. Nous pouvons constater facilement qu'il existe autour de nous des individus calmes et des individus plus ou moins agités. Ainsi l'observation quotidienne nous fait ranger les individus normaux en deux classes : les stables et les instables.

Par l'étude qui va suivre nous avons tenté d'exprimer par deux tests chacune de ces deux façons de se comporter.

UN TEST ACTIF, donné par l'étude d'une manifestation psychomotrice.

UN TEST PASSIF, donné par l'étude de l'excitabilité du nerf vestibulaire.

PLAN

PREMIÈRE PARTIE

RÉACTIONS PSYCHOMOTRICES SIMPLES

- I. — DÉFINITION.
- II. — APPAREILLAGE.
- III. — RÉSULTATS DES MESURES FAITES PAR J. BEYNE ET P. BEHAGUÉ.
- IV. — MÉTHODE DE J. LAHY.
- V. — BUT DE NOTRE ÉTUDE.
- VI. — NOTRE MÉTHODE.
- VII. — RÉSULTATS ET COURBES.

DEUXIÈME PARTIE

CHRONAXIE VESTIBULAIRE

- I. — DÉFINITION ET GÉNÉRALITÉ SUR LA CHRONAXIE.
- II. — TECHNIQUE DE LA MESURE.
- III. — RÉSULTATS OBTENUS AVEC LA MÉTHODE DE G. BOURGUIGNON.

TROISIÈME PARTIE

RAPPROCHEMENT DES RÉSULTATS OBTENUS EN RÉACTIONS PSYCHOMOTRICES ET EN CHRONAXIE VESTIBULAIRE

QUATRIÈME PARTIE

LES TROIS CHRONAXIES VESTIBULAIRES

CONCLUSION

PREMIÈRE PARTIE

RÉACTIONS PSYCHOMOTRICES SIMPLES

Notre intention n'est pas de reprendre l'étude d'ensemble des réactions psychomotrices chez l'homme. De nombreux travaux ont déjà été publiés sur cette question par BERGER en 1886, WALER en 1895, HAAS en 1905, Victor HENRI et LARGNIER de BANCELS, puis Henri PIÉRON. Pendant la guerre, CAMUS et NEPPER. LÉON BINET en 1919. Le même courant de recherches se voit à l'étranger où s'inscrivent les noms de GEMELLI, AGAZZETTI, José ALBERTI, GRADELLIGO, d'Olivera ESTÈVES, MUNSTERBERG, STRATON, FLACK.

Actuellement, deux noms sont attachés à la question :

J. BEYNE, médecin colonel, directeur du Centre d'Etudes médico-physiologiques de l'aéronautique au Val-de-Grâce, qui a mis au point une technique précise pour l'examen des pilotes aviateurs.

J. LAHY, qui, dès 1908, fondait un laboratoire de psycho-technique à la Société des Transports en commun de la région parisienne pour l'examen des conducteurs de tramway et d'autobus.

DÉFINITION

Le temps de réaction psychomotrice simple est la durée qui s'écoule entre le moment où est mis en jeu un stimulus sensoriel donné et le moment où le sujet examiné réagit le plus rapidement qu'il lui est possible de le faire. Cette réaction étant représentée par un acte moteur volontaire toujours le même, quelle que soit la qualité de l'excitation.

Remarque. — L'intensité de l'excitation sensorielle, de qualité fixe, doit être suffisante en quantité pour qu'on se

trouve assez loin du seuil de perception. Cette remarque repose sur la loi de WUNDT, confirmée par les travaux de PIÉRON, qui établit que lorsqu'on part du seuil de sensation les temps de réaction psychomotrice décroissent en fonction de l'augmentation des intensités d'excitations. Le raccourcissement des temps de réactions pour un excitant de nature donnée tend vers une limite, c'est lorsqu'on emploie des excitations suffisamment éloignées du seuil qu'on peut parler de durée spécifique des temps de réaction à un mode d'excitation donné. Une faible intensité de l'excitation prédispose le sujet examiné à l'attitude sensorielle.

Une forte intensité d'excitation prédispose le sujet examiné à l'attitude motrice.

La mesure des temps de réaction psychomotrice exige l'attitude motrice du sujet. Pour cela, il faut employer les stimuli dont l'intensité est suffisamment éloignée du seuil.

APPAREILLAGE

Le médecin colonel BEYNE a montré dans de nombreux travaux les causes d'erreurs qu'apportent certains appareillages. Nous ne ferons que citer les noms des différents inventeurs : STARLING, d'ARSONVAL, MAUBLANC et RATIÉ.

Nous nous sommes servi pour notre étude de l'appareil perfectionné de BEYNE et BEHAGNE, construit par BOULITTE, ingénieur-constructeur. Cet appareillage détermine :

1° Des excitations suffisamment éloignées du seuil pour obtenir le temps de réaction minima.

2° Les excitations dont la qualité et la quantité demeurent fixes.

Instrumentation qui permet de mesurer des temps de réaction avec une approximation suffisante et d'en réaliser un enregistrement graphique. De plus, la mesure du retard propre des appareils excitateurs est facile, retard dont compte est tenu pour évaluer la durée véritable des réactions psychomotrices. Elimination par l'emploi d'organes rendus silencieux et par l'éloignement de l'enregistreur des bruits parasites susceptibles de compromettre la pureté de l'excitation employée.

THÉORIE DE L'APPAREILLAGE. — Elle est facile à suivre sur le schéma de montage ci-joint. Dans cet appareillage la mesure des temps de réaction est réalisée par l'enregistrement graphique de la fermeture et de la rupture d'un courant électrique, la fermeture provoquée par l'observateur coïncidant avec le début de l'action physique excitatrice, la rupture du courant constituant précisément la réaction motrice demandée

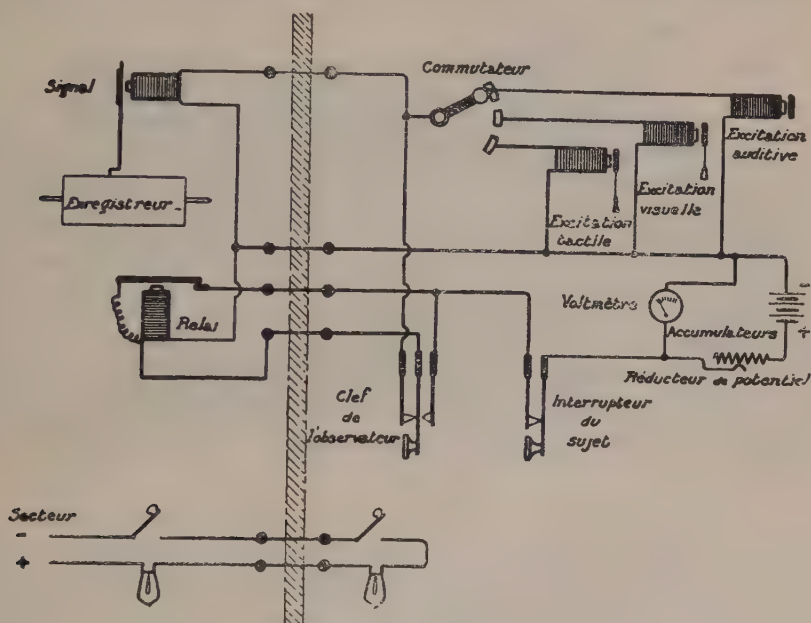


FIG. 1.

au sujet observé. La permanence du passage du courant entre ces deux actes étant assurée par le branchement sur le circuit d'un relais.

L'enregistrement graphique est réalisé par un signal électrique dont l'armature déplace une plume à encre à la surface d'un cylindre animé d'un mouvement uniforme de vitesse connue (cent mm. à la seconde).

Une source électrique fournit un courant qui partant du pôle positif se rend à travers l'interrupteur du sujet (fermé en permanence tant que le sujet n'appuie pas sur la manette) à la clé morse de l'opérateur. Le courant ne peut passer que lorsque l'opérateur abaisse la clé morse sur le plot inférieur ; à ce moment le courant traverse l'électro-aimant du relais et

par le fil commun atteint le pôle négatif de la source ; de ce fait l'électro-aimant du relai attire son armature et l'applique sur un plot de butée, ainsi se trouve établi un circuit dérivé par lequel le courant passe dans l'électro-aimant du relai qui continue à y passer même lorsque l'opérateur s'est appuyé sur le levier de la clé morse il le laisse remonter à sa position de repos. Mais le courant passant maintenant en permanence, lorsque la clé morse abandonnée à elle-même revient à l'appui sur son contact supérieur, ce contact a pour effet de fermer simultanément deux dérivations.

1° Une dérivation qui fait passer le courant dans le signal de l'enregistreur ; ce signal attire son armature, et la plume qui en est solidaire vient inscrire son déplacement sur le cylindre, repérant ainsi exactement le moment où les deux dérivations ont été établies.

2° Une dérivation qui vient actionner l'un des appareils générateurs d'excitation sensorielle ; au moyen d'un commutateur à plusieurs directions le courant peut en effet être dirigé à volonté dans l'appareil producteur de l'excitation qu'on veut étudier (excitation visuelle, excitation auditive, excitation tactile).

Le courant continue à passer dans l'appareil excitateur et dans le signal tant que le sujet observé n'appuie pas sur l'interrupteur dont il dispose. Lorsque le sujet actionne cet interrupteur tous les circuits sont coupés en même temps : la plume du signal retombe enregistrant le moment de la réaction motrice du sujet, l'appareil excitateur cesse de fonctionner, le relai laisse retomber son armature à sa position de repos. La longueur de papier qui sépare les deux mouvements de la plume du signal permet alors d'évaluer le temps qui s'est écoulé entre le début de l'excitation et la réaction du sujet.

DESCRIPTION DE L'APPAREILLAGE. — L'appareil comprend :

1° *le poste de manipulation A* mettant à la disposition de l'opérateur un réducteur de potentiel R, un voltmètre, un commutateur à trois directions, et une clé morse. D'autre part un interrupteur commandant la lampe signal à l'aide chargé d'actionner l'enregistreur. 2° *Le poste du sujet S* comportant

l'interrupteur qui permettra à celui-ci de couper le circuit et supportant l'appareil de l'excitation tactile. 3° Les appareils producteurs des excitations sensorielles, savoir :

Réactions psychomotrices visuelles. — C'est une lanterne V contenant une lampe de 16 bougies destinée à être branchée sur un courant de secteur ; cette lanterne présente un orifice que découvre brusquement un volet solidaire d'une armature

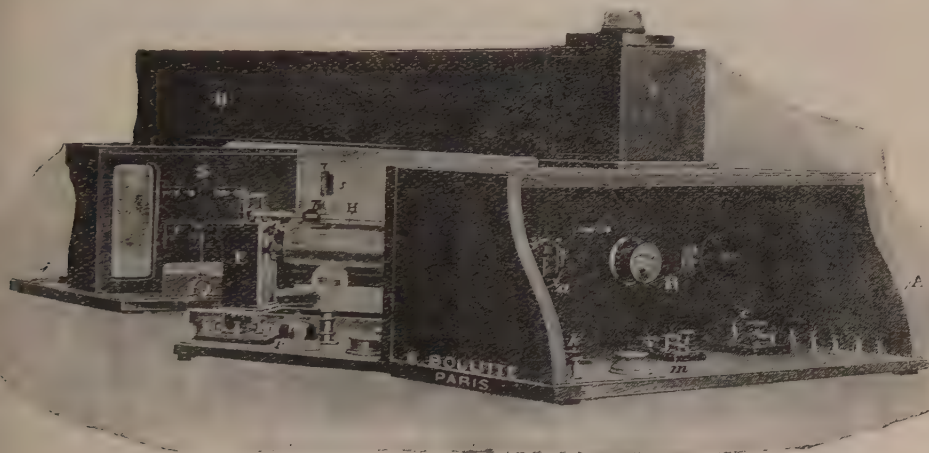


FIG. 2.

lorsqu'un courant électrique traverse l'électro-aimant il commande cette armature ; cette action est réalisée lorsque la clé morse revient au contact de son plot supérieur. Ainsi apparaît une fente lumineuse de 10 mm^2 vue par le sujet à une distance fixe ; la grandeur de l'image rétinienne est de ce fait déterminée et sa position sur la rétine est non moins définie, car l'objet étant de dimensions très réduites, son image est uniquement maculaire tant que dure la fixation du regard. Mais le déplacement de ce volet est par conséquent l'apparition de la plage éclairée à un certain retard sur le début du passage du courant que note l'enregistreur. Ce retard est fixe pour un appareillage donné à condition d'employer un courant électrique d'intensité donnée. Ces conditions de fixité étant réalisées, il est donc essentiel de mesurer ce retard et d'en tenir compte dans l'évaluation de la durée des réactions mesurées.

Réaction psychomotrice auditive. — L'appareil excitateur est une sonnerie ronfleuse qui est fixée sur la partie gauche

de l'observateur : cette sonnerie mise en marche par la dérivation de courant que provoque à travers elle le retour de la clé morse m, au contact de son plot supérieur fournit un bruit arbitrairement choisi. Mais les qualités de ce bruit et son intensité demeurent constantes si l'intensité du courant appliqué à la sonnerie est toujours la même et si le sujet est toujours placé à égale distance de la source sonore.

Comme tous les appareils de cet ordre, cette sonnerie présente un certain retard sur le début du passage du courant électrique mais elle a été construite et réglée de telle sorte que pour une intensité de courant déterminée son retard soit inférieur au centième de seconde, par conséquent pratiquement négligeable, cependant on pourra vérifier ce réglage si on le désire.

Réaction psychomotrice tactile. — L'excitateur placé sur le poste du sujet observé est constitué par un pinceau t qui déplacé par l'électro-aimant vient exercer sur la pulpe du médius du sujet un frôlement, l'excitation réalisée est de ce fait purement cutanée et ne saurait intéresser les sensibilités profondes. Le retard propre de cet appareil peut également être mesuré pour qu'il en soit tenu compte.

4° Les dispositifs de mesure de retard propre des appareils excitateurs.

Ces dispositifs permettent la mise hors circuit de l'interrupteur du sujet et le passage éventuel du courant à travers l'armature mobile de l'appareil excitateur dont on veut mesurer le retard propre et à travers le contact sur lequel elle est butée dans sa position de repos. Dans ces conditions si le courant est lancé dans l'appareil excitateur, sa rupture est provoquée précisément par le déplacement de l'armature, le signal enregistre alors le moment de production du phénomène physique générateur de l'excitation dont le retard sur la fermeture du courant peut ainsi être mesuré. Ce retard propre d'un appareil donné étant constant pour une intensité de courant déterminée, il est possible, en le déduisant systématiquement des temps de réaction enregistrés, d'obtenir rigoureusement la durée réelle des temps de réaction psychomotrice.

5° Un enregistreur E, constitué par un cylindre sur lequel vient s'inscrire la plume à encre d'un signal électrique S. La vitesse de rotation de ce signal est réglée de telle sorte

que le papier se déplace sous la plume à raison de 10 cm. par seconde. Le signal électrique est lui-même déplacé d'un mouvement uniforme suivant une génératrice du cylindre par un chariot à vis sans fin II qui entraîne le mouvement d'horlogerie. A l'enregistreur est annexé un poste pour l'aide, portant le relai r, la lampe de transmission d'ordre et son interrupteur.

6° Une bonnette de toile B qui réunit le poste du manipulateur et celui du sujet. Le sujet observé ayant le visage appliqué contre l'une des extrémités de la bonnette dont l'autre extrémité est obstruée par la face antérieure de la lanterne, se trouve placé dans des conditions analogues à celles que réaliserait l'emploi d'une chambre obscure ; d'autre part ce dispositif rend fixe la position qu'occupent les sources d'excitation visuelle et auditive par rapport au sujet.

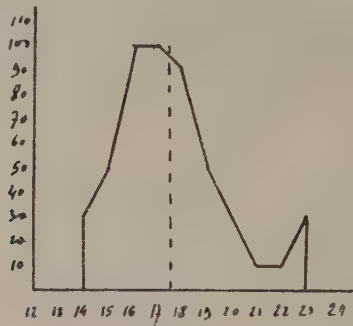
7° Un dispositif permettant la transmission de signaux du manipulateur à son aide et vice versa ; c'est en espèce un circuit de lumière sur lequel sont branchés en série un interrupteur et une lampe annexés au poste manipulateur, et un interrupteur et une lampe faisant partie du poste de l'aide.

RESULTATS DES MESURES FAITES PAR J. BEYNE ET P. BEHAGUE

Dans les conditions expérimentales ci-dessus BEYNE et BEHAGUE ont examiné un grand nombre de candidats à l'aviation pour pouvoir parmi eux trier un groupe de sujets âgés de 18 à 25 ans paraissant sains à tous les points de vue. Sur chacun des cinq cents sujets de ce groupe, dix déterminations au moins ont servi à établir une moyenne arithmétique pour chaque nature d'excitation. Les durées des réactions psychomotrices visuelles, auditives et tactiles chez ces sujets sont représentées par les courbes de fréquence ci-contre qui ont fait l'objet de la présentation d'une note à l'Académie des Sciences en mai 1922.

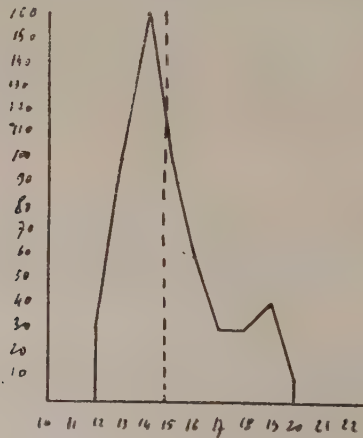
Dans l'établissement de ces courbes les différentes durées observées s'inscrivent en abscisse, tandis que le nombre des

cas correspondant à chaque durée est exprimé par les ordonnées (courbes 1, 2, 3).



Courbe 1. — Temps de réactions psychomotrices visuelles.

De ces graphiques il ressort que chez les sujets examinés par BEYNE et BEHAGUE, les temps de réaction se répartissent



Courbe 2. — Temps de réactions psychomotrices auditives.

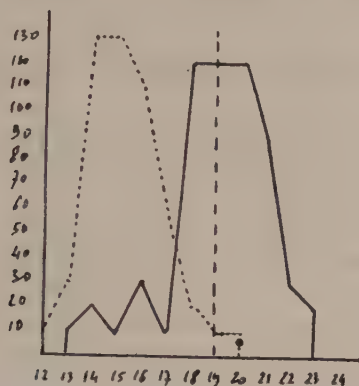
dans certaines zones et que les zones correspondant aux temps les plus fréquemment observés s'étendent :

Pour les réactions visuelles entre $\frac{15}{100}$ et $\frac{19}{100}$ de seconde.

Pour les réactions auditives entre $\frac{13}{100}$ et $\frac{16}{100}$ de seconde.

Pour les réactions tactiles entre $\frac{18}{100}$ et $\frac{21}{100}$ de seconde.

de plus ces auteurs ont calculé l'indice de régularité des temps de réaction ou psychomotrice, qu'ils ont exprimés par l'écart moyen existant entre la valeur absolue de dix réactions et la moyenne de ces valeurs. Les écarts moyens sur lesquels le



Courbe 3. — Temps de réactions psychomotrices tactiles.
En abscisses : le temps de réaction en centième de seconde.
En ordonnées : le nombre de sujets dont les temps de réaction correspondent aux durées exprimées en abscisses.

Trait plein : excitations par pinceau.

Trait interrompu : excitations par marteau.

professeur RICHET a attiré l'attention oscillent entre les valeurs suivantes exprimées en centièmes de seconde :

	Minimum	Maximum	Moyenne
Réactions visuelles	0,42	2,7	1,55
Réactions auditives . . .	0,33	2,24	1,25
Réactions tactiles	1,7	3,35	2,26

LA MÉTHODE DE J. LAHY

Au laboratoire de la Société des Transports en Commun de la Région parisienne, M. LAHY a créé une méthode comportant de nombreux tests qui permet de construire ce qu'il nomme le profil psychologique de chaque sujet.

En ce qui concerne l'étude des réactions psychomotrices simples, J. LAHY utilise pour effectuer ces mesures le chronoscope de d'ARSONVAL en y apportant quelques modifications, notamment celle qui grâce à un montage spécial permet le retour de l'aiguille au zéro, après chaque mesure, ce qui rend

beaucoup plus facile la lecture des résultats. De plus il a inventé un appareil qui déclenche automatiquement chaque excitation avec un rythme et une intensité toujours identiques.

Avec trente déterminations il calcule :

1° *L'indice de rapidité* exprimé par la moyenne arithmétique des mesures.

2° *L'indice de variation moyenne*, exprimé par la moyenne arithmétique des écarts.

3° *L'indice de régularité* exprimé par la variation moyenne pour cent.

4° *L'indice d'homogénéité*, exprimé par le semi-interquartile de la succession des mesures classées par valeur croissante.

Les résultats obtenus pour deux mille sujets ont été rassemblés sur des courbes construites pour chaque indice. La ligne des abscisses de chaque courbe est divisée en quartiles et en déciles ; cela permet de trouver sur ces courbes préétablies, dans quel quartile est situé un individu nouvellement examiné.

LE BUT DE NOTRE ÉTUDE

La réaction psychomotrice est le résultat d'actions complexes psychiques, cérébro-spinales, et neuro-végétatives. Nous nous proposons d'étudier seulement la réaction psychomotrice simple car nous voulons restreindre le plus possible la participation psychique. Au contraire dans les réactions psychomotrices de choix, que nous n'étudierons pas, on augmente le temps psychique en obligeant le sujet à accomplir un acte cérébral dont la durée venant à s'ajouter à la durée de perception, l'allongera d'autant plus que cet acte sera plus complexe.

Le temps de la réaction psychomotrice isolée, exprime dans une grande mesure la vitesse de fonctionnement du système cérébro-spinal.

Le terme d'équation personnelle que l'on applique quelquefois à ce temps de réaction exprime que cette valeur varie avec chaque individu, autrement dit l'étude du temps de la réaction psychomotrice permet de ranger les sujets en deux classes :

Les SUJETS RAPIDES ;

Les SUJETS LENTS.

Les nombreux travaux faits sur les réactions psychomotrices se sont attachés à l'étude de la rapidité de la réaction chez divers sujets, la variation de la rapidité avec l'heure de la journée, avec la digestion, après l'ingestion d'alcool, de café. La variation dans le sens de l'augmentation avec la fatigue, cette dernière étude fit l'objet de la thèse de Claude GONNET. Ainsi l'attention des chercheurs était surtout attirée sur la valeur de l'indice de rapidité.

Or l'étude de la série des réactions psychomotrices chez un même sujet (série de trente mesures successives au moins) permet une nouvelle classification des sujets, par la considération de l'indice de régularité :

Les SUJETS RÉGULIERS ;

Les SUJETS IRRÉGULIERS.

Dans la pratique, entre deux sujets, compris dans les limites normales, une différence de quelques centièmes de seconde sur l'indice de rapidité ne doit pas entraîner de conséquences fonctionnelles importantes. Il semble, au contraire, que l'indice de régularité puisse servir de test quant à la stabilité neuro-végétative du sujet.

Si l'indice de rapidité renseigne sur l'état fonctionnel du système nerveux cérébro-spinal, l'indice de régularité pourrait bien traduire l'état fonctionnel du système neuro-végétatif. Cette hypothèse a guidé nos recherches.

Ainsi nous nous sommes proposé d'étudier surtout la régularité de nos sujets, en déterminant un grand nombre de mesures dans des conditions bien définies et en calculant l'indice de régularité. Celui-ci est exprimé par l'*écart étalon*. Des raisons de commodité et de précision mathématiques font habituellement préférer l'emploi de l'*écart étalon* à celui de la variation moyenne. Il s'obtient en partant de la somme des carrés des écarts et en divisant la racine carrée de cette somme par le nombre des mesures :

$$E = \frac{\sqrt{\sum d^2}}{N} = \text{Indice de régularité.}$$

NOTRE MÉTHODE

Nous avons mesuré seulement les temps de réactions psychomotrices auditives. Car il nous a été facile de voir que la rapi-

dité ou la régularité de la réaction psychomotrice ne dépend pas du mode d'excitation quand le sujet n'est pas en attitude sensorielle.

Tous nos sujets furent examinés dans des conditions à peu près identiques. Nous avons procédé pour chacun d'eux à la détermination de trente-cinq mesures effectuées avec l'appareil enregistreur de BEYNE et BENAGUE.

Nous avons mesuré des réactions psychomotrices isolées, prises en série à des intervalles de succession suffisants pour éviter l'apparition d'un rythme.

Les trente-cinq mesures apparaissent sur le cylindre inscripteur ; il existe en général cinq mesures aberrantes tenant à une inattention ou à une fatigue, qui sont éliminés systématiquement.

Avec les trente mesures qui restent, nous calculons l'indice de rapidité (moyenne arithmétique) et l'indice de régularité (écart étalon).

De plus nous avons dressé pour chaque sujet une courbe de régularité en portant en abscisse la succession des trente mesures et en ordonnée les valeurs de ces mesures, le profil de la courbe apparaît tout de suite comme régulier ou irrégulier. Cette courbe oscille autour de la droite horizontale qui a pour ordonnée l'indice de rapidité, et s'écarte plus ou moins de celle-ci selon qu'il s'agit d'un sujet irrégulier ou régulier.

Il existe quatre types de sujets :

- 1^{er} type : régulier rapide.
- 2^e type : régulier lent.
- 3^e type : irrégulier rapide.
- 4^e type : irrégulier lent.

Il est à remarquer que souvent un sujet lent est irrégulier et réciproquement un sujet rapide est régulier. Toutefois, l'irrégularité peut apparaître pour les sujets trop rapides.

RÉSULTATS ET COURBES

Nous avons examiné trente-cinq sujets, l'indice de rapidité varie entre 10 centièmes de seconde et 22 centièmes de seconde, d'après cet indice nous avons deux groupes de sujets :

SUJETS RAPIDES, INDICE ENTRE 10 ET 15,5 CENT. DE SECONDE.

SUJETS LENTS, INDICE ENTRE 17 ET 22 CENTIÈMES DE SECONDE.

L'indice de régularité varie entre 0,15 et 0,50.

D'après cet indice, nous avons deux groupes de sujets :

SUJETS RÉGULIERS, INDICE ENTRE 0,15 ET 0,26.

SUJETS IRRÉGULIERS, INDICE ENTRE 0,30 ET 0,50.

Nous relevons quatre types de sujets :

1^{er} TYPE : RÉGULIER RAPIDE : 12 SUJETS

Sujets	Indice de régularité	Indice de rapidité
J. MI...	0,20	13,5 centièmes de seconde
G. MI...	0,20	12 — —
G. LU...	0,25	15 — —
GAU...	0,20	15 — —
BIA...	0,15	15,5 — —
D. BEY...	0,23	15,5 — —
DAU...	0,22	15 — —
CAS...	0,25	15 — —
GOE...	0,21	14 — —
LEM...	0,14	15,5 — —
FAU...	0,20	14 — —
MAS...	0,18	14 — —

2^e TYPE : RÉGULIER LENT : 7 SUJETS

Sujets	Indice de régularité	Indice de rapidité
LAC...	0,14	17,5 centièmes de seconde
R. MI...	0,25	17 — —
DOR...	0,23	17 — —
HER...	0,22	17 — —
SAC...	0,18	17 — —
COR...	0,20	19,5 — —
LEN...	0,26	19 — —

3^e TYPE : IRRÉGULIER RAPIDE : 5 SUJETS

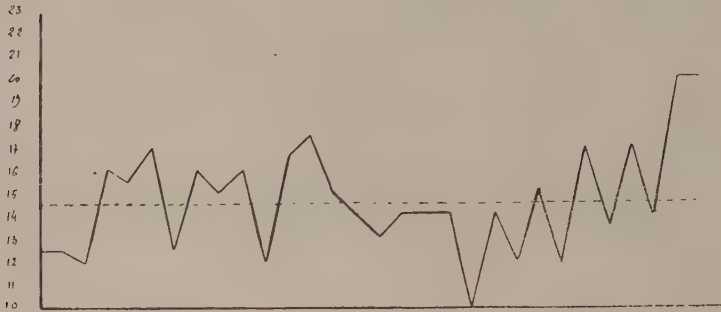
Sujets	Indice de régularité	Indice de rapidité
ETI...	0,42	14,5 centièmes de seconde
MAL...	0,30	14,5 — —
F. BEY...	0,33	15,5 — —
ROY...	0,30	15,5 — —
LAU...	0,32	14,5 — —

4° TYPE : IRRÉGULIER ET LENT : 11 SUJETS

Sujets	Indice de régularité	Indice de rapidité		
			centièmes de seconde	
BEY...	0,46	19	—	—
PLO...	0,44	19,5	—	—
COU...	0,44	20	—	—
BUG...	0,31	18	—	—
MER...	0,50	21	—	—
WAT...	0,42	18	—	—
HUR...	0,30	17	—	—
FOU...	0,40	20	—	—
POT...	0,30	18,5	—	—
VET...	0,33	18	—	—
COU...	0,40	18,5	—	—

TROISIÈME TYPE : *Irrégulier rapide.*

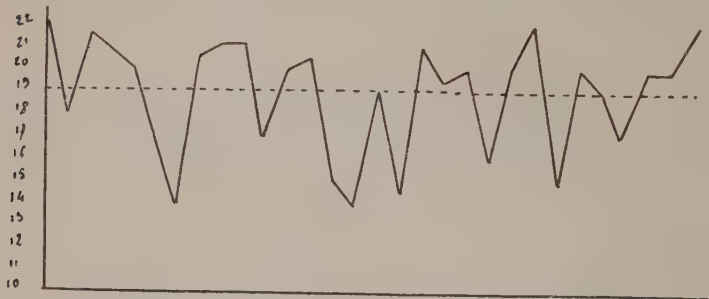
Eti... 1^{er} juin 33, 17 h.



Indice de rapidité MA = 15,5
Indice de régularité E = 0,42

QUATRIÈME TYPE : *Irrégulier lent.*

Bey... 9 juin 33, 17 h.



Indice de rapidité MA = 19
Indice de régularité E = 0,46

DEUXIÈME PARTIE

CHRONAXIE VESTIBULAIRE

Par l'étude de la réaction psychomotrice nous avons classé les individus en deux groupes : sujets réguliers et sujets irréguliers. La prise des réactions psychomotrices apparaît alors comme étant une méthode qui permet d'apprécier la stabilité fonctionnelle des individus.

De son côté, G. BOURGUIGNON a montré que la chronaxie vestibulaire est variable avec chaque individu et que les sujets à petite chronaxie vestibulaire sont toujours des sujets très instables et les sujets à grande chronaxie vestibulaire sont des sujets calmes. Nous nous sommes proposé de mesurer la chronaxie vestibulaire des sujets dont nous avons pris les réactions psychomotrices et pour lesquels nous avons établi l'indice de régularité.

DÉFINITION ET GÉNÉRALITÉ SUR LA CHRONAXIE

L'électro-diagnostic vrai existe depuis que G. BOURGUIGNON a découvert une technique qui permet la mesure de la chronaxie sur l'homme. On parle souvent d'électro-diagnostic classique et d'électro-diagnostic moderne, il existe un seul électro-diagnostic, celui qui est basé sur la mesure de l'excitabilité en fonction du temps.

HORWEG et WEISS ont montré mathématiquement et expérimentalement que la loi de Dubois-Raymond est fausse et que le temps joue dans l'excitabilité.

LOUIS LAPICQUE a confirmé que le fonctionnement du système nerveux est basé sur une notion de temps, il a montré que les différents organismes vivants se caractérisent par leur rapidité à réagir aux excitations et par leur vitesse de fonc-

tionnement. En 1909, cet illustre savant donne l'expression de la loi générale de l'excitabilité : la *chronaxie*.

Rappelons simplement que la chronaxie est le temps de passage du courant qui donne le seuil de réaction avec une intensité double de celle qui donne le seuil avec une fermeture brusque du courant continu. L'intensité qui donne le seuil avec le courant continu qui sert de base à la mesure de la chronaxie a reçu de L. LAPICQUE le nom de *rhéobase*.

L. LAPICQUE et M^{me} L. LAPICQUE ont donné alors une technique qui permet la mesure des chronaxies sur l'animal, mesure pratiquée sur nerfs et muscles isolés ; rapidement ces auteurs ont mis en évidence la loi de l'isochronisme du fonctionnement neuro-musculaire.

La chronaxie apparaît alors comme le seul élément qui permette la classification fonctionnelle de tout ce qui vit. La mesure d'une chronaxie est le seul moyen de reconnaître l'intégrité fonctionnelle d'un système vivant.

L. LAPICQUE appliqua la méthode à l'étude des nerfs et des muscles des animaux.

Dès 1911, G. BOURGUIGNON, médecin et physiologiste, voit l'importance que pourrait avoir en physiologie normale et pathologique, la mesure des chronaxies sur l'homme.

Il s'attaque à un problème difficile que L. LAPICQUE juge alors insoluble, celui de trouver une technique qui permettrait de pratiquer les mesures à travers les téguments.

En 1923, la technique est au point et G. BOURGUIGNON peut mesurer la chronaxie des différents nerfs et muscles de l'homme.

Il découvre rapidement la loi qui porte son nom : « Tous les muscles synergiques d'un même mouvement forment un groupe homogène caractérisé par la même chronaxie. »

G. BOURGUIGNON substitue alors aux mesures illusoires de l'électro-diagnostic classique une mesure réelle de l'excitabilité. Médecin neurologiste, il associe à la clinique la mesure des chronaxies, créant ainsi « une véritable méthode de recoupement qui transforme les probabilités en certitude ».

L'étude des chronaxies neuro-musculaires, la découverte des chronaxies sensitives conduisent G. BOURGUIGNON à l'établissement des « syndromes chronaxiques ».

Puis c'est la découverte des chronaxies sensorielles, optiques et vestibulaires.

G. BOURGUIGNON trouva, en effet, très important de reprendre l'étude du vertige voltaïque en substituant à la mesure du seuil galvanique, essentiellement contingente et variable avec les conditions de l'expérience, la mesure de la chronaxie qui est essentiellement indépendante des conditions expérimentales et ne varie qu'avec l'excitabilité.

TECHNIQUE DE LA MESURE DONNÉE PAR G. BOURGUIGNON

Dans la recherche classique du vertige voltaïque, on détermine le seuil avec un courant dont l'intensité augmente progressivement. Cette méthode ne permet pas une grande précision et il est impossible, dans ces conditions, de déterminer la rhéobase qui est le seuil pour une fermeture brusque du courant continu.

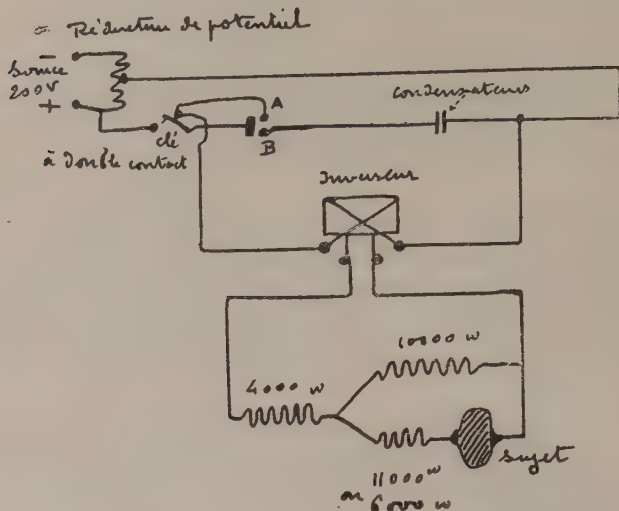
G. BOURGUIGNON a donc modifié la technique et l'expérience lui a montré que la recherche du seuil du vertige voltaïque avec une fermeture brusque est d'une précision remarquable et sur un sujet normal, la valeur de ce seuil est rigoureusement égale pour les deux côtés.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL. — G. BOURGUIGNON a choisi la méthode des condensateurs. Après de multiples recherches, cet auteur est revenu au montage de L. LAPICQUE, mais en modifiant les résistances de façon à les adapter aux conditions spéciales de l'homme. Le sujet et les électrodes sont placés en série avec une résistance de 11.000 ω , qu'on peut abaisser à 6.000 ω quand la rhéobase est trop grande, et ce système constitue l'une des branches d'un circuit dérivé. L'autre branche du circuit dérivé est de 10.000 ω . L'ensemble de ce circuit bifurqué est enfin placé en série avec une résistance de 4.000 ω qui se trouve ainsi dans le circuit général.

Ce circuit est le shunt de Lapicque, dans lequel la résistance en série avec le sujet est sensiblement la même, mais dans lequel la résistance en dérivation est de 10.000 ω au lieu de 3.000 ω et la résistance en série dans le circuit général est de 4.000 ω au lieu de 7.000 ω .

Le calcul et l'expérience montrent que la résistance totale de ce circuit est d'environ 11.000 ω , très voisine de celle du circuit de Lapicque, qui est de 10.000 ω , et qu'elle est constante à 10 % près, quelle que soit le sujet et quelle que soit la région introduite dans le circuit.

Dans ces conditions la formule de Lapicque $T = R \cdot C \times 0,37$



est applicable. On peut simplifier lorsque R est constant, en effectuant une fois pour toutes le produit $R \times 0,37$ et en multipliant le produit par 1.000 pour exprimer les chronaxies en 1/1000 de seconde, au lieu de secondes et le divisant par 1.000.000 pour exprimer les capacités en microfarad au lieu de les exprimer en farads.

On a donc :

$$\frac{11.000 \times 0,37 \times 1.000}{1.000.000} = 4,07, \text{ soit } 4.$$

La formule devient :

$$T = 4 \cdot C.$$

Pour faciliter la technique G. BOURGUIGNON a ajouté à l'instrumentation le doublage automatique du voltage. Quand il s'agit seulement de condensateur, on peut supprimer toute

manœuvre en plaçant une résistance égale à la résistance moyenne du circuit d'utilisation entre le réducteur de potentiel et la clé.

Quand la clé sert à faire les fermetures et ouvertures du courant continu, cette résistance est en série avec le circuit d'utilisation dont la résistance est doublée : le voltage agissant sur le circuit d'utilisation est la moitié du voltage au réducteur de potentiel. Quand la clé sert à faire les décharges et charges de condensateurs la résistance ajoutée entre le réducteur et la clé se trouve en série dans circuit de charge, mais est exclue du circuit de décharge. Les condensateurs se chargent au voltage du réducteur, c'est-à-dire double de celui qui a agi sur le circuit d'utilisation à la rhéobase et c'est ce voltage double qui agit maintenant sur le circuit d'utilisation. Sans lecture, sans manœuvre, on réalise ainsi automatiquement le doublage du voltage, ce qui rend la mesure plus rapide et supprime les causes d'erreur.

Pour mesurer la chronaxie chez l'homme il faut au moins deux cents volts.

G. BOURGUIGNON utilise une batterie d'accumulateurs de cent éléments de plomb. G. BOURGUIGNON et A. WALTER ont étudié le moyen d'utiliser les secteurs alternatifs en redressant avec des lampes valves le courant élevé à deux cents volts par un transformateur et filtrant avec des selfs des capacités convenablement choisies. L'expérience a montré qu'on peut ainsi mesurer avec exactitude la rhéobase et la chronaxie.

Au début de ses recherches, G. BOURGUIGNON utilisa la méthode mono-polaire, mono-auriculaire, la grande électrode étant placée sur la poitrine ou sur la nuque, sur l'interstice occipito-vertébral, les électrodes auriculaires étaient placées tantôt devant le tragus, tantôt devant le conduit auditif externe.

Actuellement, seule la méthode bi-auriculaire est utilisée sans électrode indifférente.

Le témoin de l'excitation est l'inclinaison de la tête vers l'épaule du côté où se trouve le pôle instrumental positif. Avec la fermeture brusque, comme avec les décharges de condensateurs, le seuil de cette inclinaison est d'une netteté et d'une précision remarquables. Par contre, il est impossible jusqu'ici d'obtenir le nystagmus dans ces conditions.

La détermination d'une chronaxie demandant un nombre d'excitations assez grand, le sujet est mis dans la position assise, sans que le dos s'appuie à un dossier, les bras pendants le long du corps, le regard dirigé en avant et au loin. Les électrodes ne sont pas tenues à la main, mais fixées par un casque. Ce sont des électrodes impolarisables à l'argent et chlorure d'argent réalisées par G. BOURGUIGNON sur le principe des électrodes de DARSONVAL et LAPICQUE.

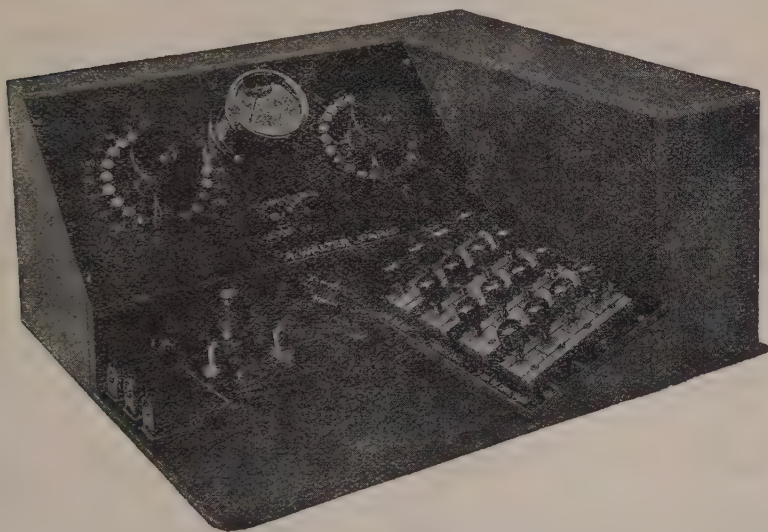
MODE D'ACTIONS DES POLES. — Dans la méthode bi-polaire bi-auriculaire, l'inclinaison a toujours lieu du côté du pôle positif, comme on le voit dans la recherches classique du vertige voltaïque. Dans la méthode mono-polaire mono-auriculaire, l'inclinaison a lieu du côté de l'électrode auriculaire quand elle est positive et du côté opposé quand elle est négative. Ce fait prouve qu'il n'y a pas de méthode mono-auriculaire, mais seulement bi-auriculaire, qu'il y ait deux ou une électrodes auriculaires.

Comment interpréter l'action des pôles? A la suite des recherches de CARDOT et LAUGIER sur l'animal, G. BOURGUIGNON a démontré sur l'homme qu'il n'y a jamais d'excitation par le pôle positif à la fermeture et que les excitations d'apparence positive sont, en réalité, des excitations par un pôle négatif dit virtuel ou physiologique produit dans la profondeur à distance de l'électrode. ERBE, d'ailleurs, le créateur de la réaction de dégénérescence, interprète les faits de la même manière, bien que, par une erreur qui se perpétue, on enseigne le contraire. Il suffit de lire son chapitre sur la loi polaire pour s'en convaincre. Il démontre que, sous l'électrode instrumentale se forme une électrode physiologique de même signe qu'elle et à une petite distance une électrode de signe contraire. Ces faits expliquent qu'à l'état normal, comme à l'état pathologique, on excite jamais le même organe ou la même région d'un organe avec le pôle instrumental négatif et le pôle instrumental positif; il n'y a donc jamais d'inversion polaire au sens strict du mot, mais seulement inversion de rapport d'excitabilité de deux organes ou de deux régions d'un même organe. Pour le cas du labyrinthe, l'organe excité étant profondément situé, se trouve dans une zone de polarisation de signe contraire à celui de l'électrode instrumentale. Ainsi, appliquant ces notions générales au cas particulier du

nerf vestibulaire, G. BOURGUIGNON enseigne-t-il dans ses leçons et conférences depuis quinze ans que, dans le vertige voltaïque, on produit une excitation du labyrinthe situé du côté de l'électrode instrumentale positive par l'intermédiaire d'une électrode physiologique négative située à une certaine distance de l'électrode positive. Cette interprétation est, d'ailleurs, d'accord avec ce que dit HAUTANT, qu'il y a contraction musculaire du côté du labyrinthe excité, l'inclinaison de la tête résulte de la contraction des muscles du cou du côté où se trouve l'électrode positive.

NOS RÉSULTATS OBTENUS AVEC LA MÉTHODE DE G. BOURGUIGNON

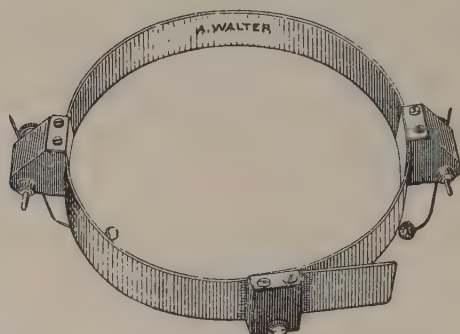
Nous avons utilisé l'appareil portatif construit par WALTER.



Chronaxie transportable.

Cet appareil apporte une précision suffisante dans les mesures. Nous savons depuis les travaux de G. BOURGUIGNON que les chronaxies vestibulaires sont très grandes à côté des chronaxies neuro-musculaires des membres. Alors que celles-ci sont de l'ordre de $0\sigma,10$ en moyenne, les chronaxies vestibulaires sont comprises entre 12σ et 22σ . (σ : le millième de seconde.)

Nous avons mesuré la chronaxie vestibulaire de tous nos sujets dont nous avons étudié les réactions psychomotrices et pour lesquels nous avons établi l'indice de régularité.



Casque du Dr BOURGUIGNON.

Nous avons trouvé deux groupes de sujets :

Sujets à petite chronaxie vestibulaire : 115,5 à 155.

Sujets à grande chronaxie vestibulaire : 175 à 225.

PETITES CHRONAXIES VESTIBULAIRES

16 sujets

MM.	ETI...	11,5
	MAI...	14,5
	F. BEY...	13
	ROY...	13,2
	LAU...	14
	BEY...	13,5
	PLO...	12,5
	COU...	11,5
	BUG...	14
	MER...	15
	WAT...	12,5
	HUR...	15
	FOU...	13,6
	POT...	14
	FOU...	15
	MAS...	14

GRANDES CHRONAXIES VESTIBULAIRES

19 sujets

MM.	J. MI...	20,8
	GMI...	20,4
	GLU...	21
	GOU...	19
	BIA...	19
	BEY...	18,5
	DAU...	20
	CAS...	22
	GOE...	19,6
	LEM...	19
	LAC...	19,5
	R. MI...	20,4
	DOR...	18,2
	HER...	20
	SAC...	20
	COR...	21
	LEN...	18
	VET...	18
	COU...	19

TROISIÈME PARTIE

RAPPROCHEMENT DES RÉSULTATS OBTENUS EN RÉACTIONS PSYCHOMOTRICES ET EN CHRONAXIE VESTIBULAIRE

Par la réaction psychomotrice simple, nous avons classé nos 35 sujets en deux groupes :

Sujets réguliers : 19.

Sujets irréguliers : 16.

Par la chronaxie vestibulaire nous avons regroupé ces 35 sujets :

Sujets à grande chronaxie vestibulaire : 19.

Sujets à petite chronaxie vestibulaire : 16.

En comparant ces deux sortes de groupements nous constatons qu'ils sont superposables, à quatre sujets près.

LES SUJETS RÉGULIERS ONT UNE GRANDE CHRONAXIE VESTIBULAIRE.

LES SUJETS IRRÉGULIERS ONT UNE PETITE CHRONAXIE VESTIBULAIRE.

Un test expérimental, bien déterminé, la réaction psychomotrice, vient confirmer la constatation clinique de G. BOURGUIGNON, que les sujets à petite chronaxie vestibulaire sont instables et émotifs et les sujets à grande chronaxie vestibulaire sont stables, calmes et peu émotifs.

1° SUJETS RÉGULIERS AVEC GRANDE CHRONAXIE VESTIBULAIRE : 17

Sujets	Indice régularité	Chronaxie vestib.
J. MI... ..	0,20	20,8
C. MI... ..	0,20	20,4
GLU... ..	0,25	21
COU... ..	0,20	19
BIA... ..	0,15	19
D. BEY... ..	0,23	18,5
DAU... ..	0,22	20
CAS... ..	0,25	22
GOE... ..	0,21	19,6
LEM... ..	0,14	19
LAC... ..	0,14	19,5
R. MI... ..	0,25	20,4
DOR... ..	0,33	18,2
HER... ..	0,22	20
SAC... ..	0,18	20
COR... ..	0,20	21
LEN... ..	0,26	18

2° SUJETS IRRÉGULIERS AVEC PETITE CHRONAXIE VESTIBULAIRE : 14

Sujets	Indice régularité	Chronaxie vestib.
ETI... ..	0,42	11,5
MAI... ..	0,30	14,5
F. BLY... ..	0,33	13
ROY... ..	0,30	13,2
LAN... ..	0,32	14
BEY... ..	0,46	13,5
PLO... ..	0,44	12,5
COU... ..	0,44	11,5
BUG... ..	0,31	14
MER... ..	0,50	15
WAT... ..	0,42	12,5
HUR... ..	0,30	15
FOU... ..	0,40	13,6
POT... ..	0,30	14

3° SUJETS RÉGULIERS AVEC PETITE CHRONAXIE VESTIBULAIRE : 2

Sujets	Indice régularité	Chronaxie vestib.
MAS... ..	0,18	14σ
FOU... ..	0,20	15σ

4° SUJETS IRRÉGULIERS AVEC GRANDE CHRONAXIE VESTIBULAIRE : 2

Sujets	Indice régularité	Chronaxie vestib.
VET... ..	0,33	19σ
COU... ..	0,40	19σ

QUATRIÈME PARTIE

LES TROIS CHRONAXIES VESTIBULAIRES

A l'époque où nous poursuivions ces recherches G. BOURGUIGNON avait attiré notre attention sur l'existence possible de trois chronaxies vestibulaires.

Nous avons bien mis en évidence ces trois chronaxies chez un certain nombre de nos sujets.

Cette découverte de G. BOURGUIGNON fit l'objet d'une communication à l'Académie des Sciences en juillet 1933. Chaque canal semi-circulaire possède une excitabilité qui lui est propre.

La chronaxie que nous avons mesurée chez tous nos sujets correspond au seuil d'inclinaison latérale de la tête.

Une deuxième chronaxie correspond au seuil de bascule de la tête en avant et en arrière.

Une troisième chronaxie correspond au seuil de rotation de la tête autour de son axe vertical.

On retrouve, entre les valeurs de ces trois chronaxies, la loi du rapport $1/2$ du fonctionnement des antagonistes. La chronaxie de bascule est moitié de celle de l'inclinaison latérale, la chronaxie de rotation moitié de celle de bascule.

Nous avons mesuré les trois chronaxies chez un certain nombre de nos sujets.

Voici les quatre types de courbes avec résultats complets :

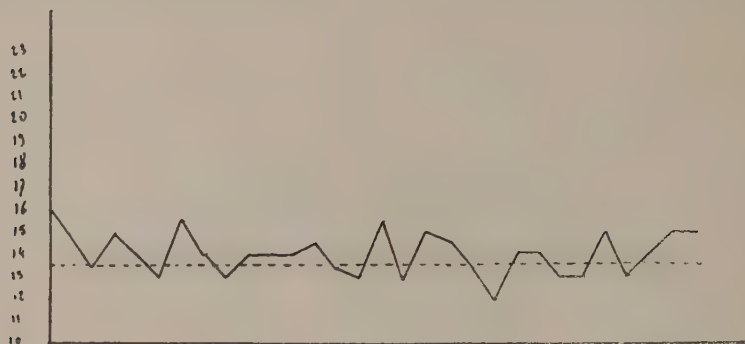
Indice de régularité.

Indice de rapidité.

Les trois chronaxies vestibulaires.

PREMIER TYPE : *Régulier rapide.*

J. Mi..., 10 oct. 33, 17 h.



Indice de rapidité MA = 13,5

Indice de régularité $E = 0,20$

Chronaxies vestibulaires :

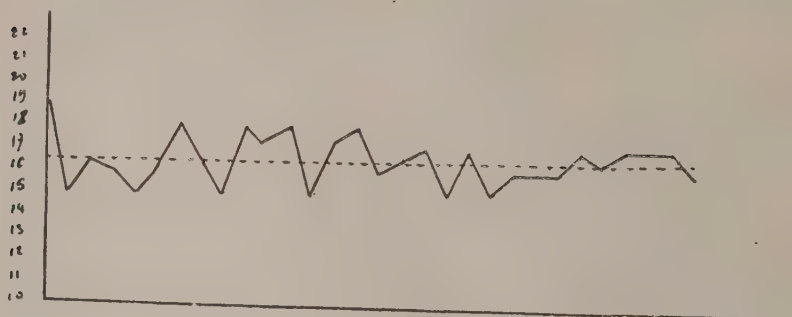
Seuil d'inclinaison latérale	20 σ,8
------------------------------------	--------

Seuil de bascule en avant	9 5,6
---------------------------------	-------

Seuil de bascule en avant	$9\pi/8$
Seuil de rotation	$5\pi/2$

DEUXIÈME TYPE : *Régulier lent.*

R. Mi..., 10 oct. 33, 17 h.



Indice de rapidité MA = 16.5

Indice de régularité $E = 0,25$

Chronaxies vestibulaires :

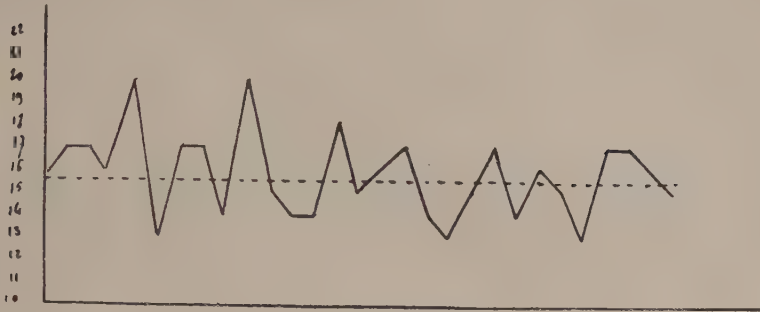
Seuil d'inclinaison latérale	20 σ, 4
------------------------------------	---------

Seuil de bascule en avant	85,8
---------------------------------	------

Seuil de rotation	45,8
-------------------------	------

TROISIÈME TYPE : *Irrégulier rapide.*

Roy..., 15 oct. 33, 17 h.



Indice de rapidité MA = 15,5

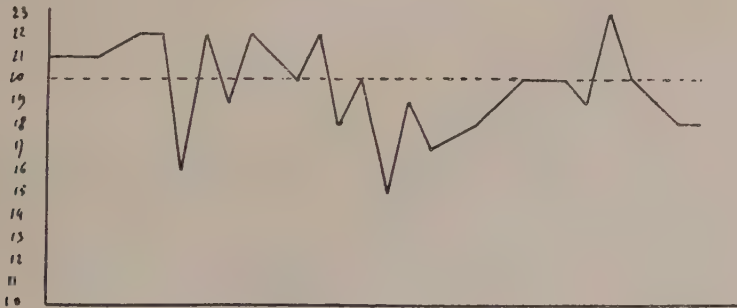
Indice de régularité E = 0,30

Chronaxies vestibulaires :

Seuil d'inclinaison latérale	13σ,2
Seuil de bascule en avant	6σ,
Seuil de rotation	3σ,16

QUATRIÈME TYPE : *Irrégulier lent.*

Four..., 15 oct. 33, 17 h.



Indice de rapidité : 20

Indice de régularité : 0,40

Chronaxies vestibulaires :

Seuil d'inclinaison latérale	13σ,6
Seuil de bascule en avant	6σ,4
Seuil de rotation	3σ,56

CONCLUSION

Le temps de réaction psychomotrice a surtout servi à classer les sujets normaux en deux groupes :

LES SUJETS RAPIDES.

LES SUJETS LENTS.

Cette classification est apportée par l'étude de la réaction psychomotrice isolée ou par la moyenne arithmétique de quelques mesures successives. Cette moyenne est appelée : indice de rapidité :

$$M.A = \frac{S}{N}$$

Nous nous sommes proposé d'étudier la réaction psychomotrice non pas du point de vue de la rapidité, mais du point de vue de la régularité, en prenant un nombre assez grand de mesures de temps de réaction dans des conditions bien déterminées chez un même sujet pour calculer l'indice de régularité :

$$E = \frac{\sqrt{\sum d^2}}{N}$$

Cette étude nous a permis de grouper nos sujets en deux nouvelles classes :

LES SUJETS RÉGULIERS.

LES SUJETS IRRÉGULIERS.

Nous savons, d'autre part, que G. BOURGUIGNON, par la mesure de la chronaxie vestibulaire, classe les différents individus normaux en deux groupes :

LES SUJETS A GRANDE CHRONAXIE VESTIBULAIRE, NON ÉMOTIFS ET STABLES.

LES SUJETS A PETITE CHRONAXIE VESTIBULAIRE ÉMOTIFS ET INSTABLES.

Nous avons mesuré la chronaxie vestibulaire de nos sujets chez lesquels nous avons pris les temps de réaction psychomotrice en série.

En effet, l'idée qui a guidé notre travail était de vérifier l'hypothèse suivante : les sujets à réactions psychomotrices irrég-

gulières ont une petite chronaxie vestibulaire et les sujets à réactions psychomotrices régulières ont une grande chronaxie vestibulaire.

35 SUJETS FURENT EXAMINÉS A CE DOUBLE POINT DE VUE.

31 VÉRIFIENT L'HYPOTHÈSE PRÉCÉDENTE.

Nous pouvons donc dire que, en général, les sujets réguliers dans leurs réactions psychomotrices ont une grande chronaxie vestibulaire et sont des sujets stables et que les sujets irréguliers dans leurs réactions psychomotrices ont une petite chronaxie vestibulaire et sont des sujets instables.

En conclusion, pour juger de la stabilité de fonctionnement du système cérébro-spinal et du système neuro-végétatif, nous disposons de deux tests :

UN TEST ACTIF : LA RÉACTION PSYCHOMOTRICE.

UN TEST PASSIF : LA CHRONAXIE VESTIBULAIRE.

BIBLIOGRAPHIE

- P. BEHAGNE et J. BEYNE. — Etude des temps de réactions psychomotrices tactiles chez l'homme normal. *Compt. rend. Acad. d. Sc. Paris*, 1922.
- Contribution à l'étude des temps de réactions psychomotrices. *Gazette des Hôpitaux*, 6 et 8 juin 1922.
- J. R. BELTRAN. — Dispositif pour déterminer le temps de réaction. *Compt. rend. Soc. Biologie*, Paris 1921.
- LÉON BINET. — Etude des temps de réaction psychomotrices (Travaux du Grand Palais, 1919).
- G. BOURGUIGNON. — La Chronaxie chez l'homme. Masson, 1. vol., 1933.
- La Chronaxie vesticulaire. *Revue de Neurologie* 1927, et *Compt. rendu de la Société de Biologie*, 1929.
- Les trois chronaxies vestibulaires. *Compt. rendu de l'Académie des Sciences*, juillet 1933.
- S. K. CHON. — Réaction-Keys and new technique for reading-reactions. *Am. J. Psychol.* 41, juillet 1929.
- A. CHWEITZER. — Dispositif permettant la mesure des temps de réaction au chronoscope, par double fermeture ou double rupture. *Compt. rend. Soc. de Biol.*, janv. 1930.
- A. FESSARD. — Sur la loi de variation des temps de latence en fonction de l'intensité de l'excitation pour les sensations tactiles. *Compte rend. Soc. de Biol.*, 20 sept. 1930.
- H. GASKILL. — Relation of reaction time to phase of breathing. *J. Exper. Psychol.*, oct. 1928.
- A. GEMELLI. — Sul valore dei tempi di reazione semplice specie in ordine all'applicazione di essi alla selezione personale. *Arch. di. Sc. Biol.*, 1926.
- CL. GONET. — Influence de la fatigue sur le temps de réaction psychomotrice. *Thèse de Paris*, 1929).
- J. V. D'OLIVEIRA ESTÊSES. — Metodo para investigar los terminos medios en los tiempos de reaccion. *Rev. de especialid.* 1927.
- Nuevo dispositivo para registrar los tiempos de reaccion y sus caracteriticas. *Rev. de especialid.*, nov. 1927.
- Interpretación de los grficos en los tiempos de reaccion psicomo- trices ; comunicacion previa. *Rev. de especialid.*, juin 1931.

- Interpretacion de los graficos en los tiempos de reaccoin psicometricas. *Rev. Som. Mil.*, Buenos-Aires, juillet-août 1931.
- II. PIERON. — L'Influence de l'intensité sur le temps de réaction à la cessation d'un stimulus lumineux. *Compt. Rendu Soc. de Biolog.*, 28 oct. 1927.
- Temps de réaction et dissociation des douleurs cutanées. *Compt. rendu. Soc. Biol.*, 21 mars 1930.
- P. SOLLIER. — Le temps de réaction à l'arrêt. *J. Psychol. nom. et zath.*, 15 décembre 1926.
- F. H. THOME. — Simple apparatus for measuring and recording reaction time periods. *Mil. Surgeon*, mai 1927.
-

II

CHRONAXIE DU NERF PHRÉNIQUE ET PHRÉNICOÉXÉRÈSE

En apportant aujourd'hui une contribution à l'étude sémiologique des fonctions motrices du nerf phrénique normal ou chirurgicalement altéré, nous nous sommes efforcés de répondre à une question posée par le professeur SERGENT. Indiquant avec la plus grande netteté la voie dans laquelle devaient s'engager des recherches souhaitables, il écrivait, le 27 janvier 1932 (en publiant une conférence faite à l'hôpital de la Charité) : « Il y aurait grand intérêt à poursuivre des recherches méthodiques sur les *modifications de la chronaxie* à la suite des phrénicectomies, aussi bien que chez les sujets qui présentent des signes cliniques d'une paralysie ou d'une inhibition spontanée du nerf phrénique. » L'étude électrique et, en particulier, chronaxique du nerf phrénique s'est développée à la suite d'échanges de vues entre MM. SERGENT et G. BOURGUIGNON. En juin 1933, MM. SERGENT et Clément LAUNAY ont publié un travail sur les paralysies et les récupérations motrices du diaphragme et une étude électrique. Les résultats de ces recherches ne nous étaient pas encore connus au moment où des circonstances particulières ont amené l'un de nous, élève de G. BOURGUIGNON, à appliquer les méthodes et les appareils de son maître (avec toute la rigueur que celui-ci exige pour les mesures de chronaxie) à des malades soignés en milieu sanatorial, donc susceptibles d'examens prolongés et répétés ; nous nous sommes spécialement attachés à ceux d'entre eux pour qui se posait l'indica-

tion de la phrénicectomie ou qui avaient subi, récemment ou anciennement, un arrachement ou une alcooolisation du nerf phrénique.

Notre étude a porté sur plusieurs groupes de sujets :

a) Sujets normaux au point de vue de la fonction motrice du diaphragme, c'est-à-dire tuberculeux pulmonaires dont les lésions ne peuvent en rien intéresser cette fonction et en particulier les sujets *devant être phrénicectomisés ultérieurement* et dont il importait de connaître préalablement les réactions phréniques.

b) Sujets ayant subi *récemment* (deux à huit jours auparavant) un arrachement ou une alcooolisation d'un nerf phrénique.

c) Sujets ayant subi *anciennement*, plusieurs mois, ou plusieurs années auparavant, une phrénicectomie ou une alcooolisation du nerf phrénique.

Notre « matériel d'étude » a été constitué par :

Sujets normaux	10
Sujets phrénicectomisés	25
Sujets phréni-alcoolisés	7
Sujets divers	13
	55

Nous tenons à remercier spécialement le D^r FOIX, médecin-chef du Sanatorium de l'Association métallurgique et minière contre la tuberculose, et le D^r FÉRÉ, médecin directeur du Sanatorium du département du Rhône, grâce à qui nous avons pu examiner des malades choisis dans l'ensemble du centre sanatorial de Saint-Hilaire-du-Touvet.

MÉTHODE D'EXAMEN

A l'examen électrique simple, tel qu'on l'utilise pour l'étude d'un muscle ou d'un nerf moteur quelconque, nous avons joint l'examen électrique sous contrôle radioscopique qui nous a permis d'en compléter très utilement les résultats.

Nous avons utilisé l'appareil portatif de chronaxie de G. BOURGUIGNON, construit par WALTER. Cet appareil apporte une précision suffisante dans les mesures ; son faible volume nous a permis de le transporter dans les sanatoriums voisins et surtout de l'installer au contact de l'écran radiologique.

Nous nous permettons, à l'usage des médecins non spécialisés, de rappeler la définition et les grandes lois de la chronaxie :

La *chronaxie* est le *temps* de passage du courant électrique nécessaire pour obtenir le *seuil* de la contraction musculaire avec une intensité *double de la rhéobase*. La *rhéobase*, ou seuil fondamental, étant l'*intensité* de courant nécessaire pour obtenir le seuil de la contraction avec une fermeture prolongée du courant continu (seuil galvanique classique). L'unité de temps avec laquelle on mesure la chronaxie est le millièrne de seconde ou sigma (σ).

LOI DE L'ISOCRONISME NEURO-MUSCULAIRE DE LAPIQUE. — Pour qu'un nerf puisse actionner un muscle il faut qu'il ait même chronaxie que ce muscle. L'isochronisme est la condition du fonctionnement neuro-musculaire, qui n'est compatible qu'avec un hétérochronisme léger, c'est-à-dire une discordance faible.

LOIS DES SYNERGIES FONCTIONNELLES DE G. BOURGUIGNON :

1) Tous les muscles synergiques d'un même mouvement forment un groupe homogène caractérisé *par la même chronaxie*.

2) Les muscles agonistes et antagonistes ont leurs chronaxies dans le rapport de 1/2.

Ces données générales étant rappelées, voyons comment nous avons pu les appliquer à la fonction motrice du diaphragme.

EXAMEN ÉLECTRIQUE SIMPLE. — DUCHENNE, de Boulogne, dans sa *Physiologie du mouvement*, donne une magistrale étude de la fonction motrice du diaphragme. Le premier, il a réussi à pratiquer l'excitation indirecte de ce muscle par le nerf phrénique. G. BOURGUIGNON a mesuré, en 1923, la chronaxie du nerf phrénique. Il est parvenu, en 1931, à mesurer directement la chronaxie du muscle diaphragme. Pour G. BOUR-

GUIGNON, la chronaxie commune du nerf phrénique et du diaphragme est comprise normalement entre $0\sigma,16$ et $0\sigma,32$.

POINT MOTEUR. — Pour exciter le nerf phrénique il suffit de placer l'électrode active sur le trajet cervical de ce nerf en un point très précis situé dans le creux sus-claviculaire. On déprime avec l'électrode la peau le long du bord externe du chef antérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien ; le point phrénique est situé légèrement en dedans et en dessous du point d'ERB (point d'élection pour exciter les nerfs du plexus brachial). L'excitation du nerf provoque un soulèvement brusque avec projection en dehors de la base du thorax du côté excité. L'électrode étant alors maintenue en place, il suffit de saisir le seuil rhéobasique, puis le seuil chronaxique.

La loi de G. BOURGUIGNON sur les muscles agonistes et antagonistes s'applique au diaphragme dont la chronaxie est comprise entre $0\sigma,16$ et $0\sigma,32$ et à ses antagonistes, les muscles abdominaux : grand droit, grand oblique et accessoirement transverse de l'abdomen dont la chronaxie est comprise entre $0\sigma,06$ et $0\sigma,14$.

Nos mesures qui portent sur des sujets normaux nous ont donné des résultats qui confirment dans tous les cas les valeurs de chronaxie indiquées par G. BOURGUIGNON. Dans la plupart des cas nos mesures de chronaxie ont été vérifiées par deux examens successifs ainsi que le montre le tableau suivant :

REMARQUE PRÉLIMINAIRE

Dans tout ce qui suit, nous parlerons de l'excitation ou de la chronaxie du nerf phrénique comme s'il s'agissait d'un nerf unique et toujours semblable à lui-même. En réalité, on sait maintenant qu'il faut apprécier le rôle respectif du tronc phrénique proprement dit, des phréniques accessoires quand ils existent et des recherches récentes ont mis en évidence le rôle du nerf du sous-clavier. Nous nous promettons de rechercher plus tard si l'on peut pratiquer des excitations électriques séparées de ces différents nerfs. Pour le moment, appliquant nos excitations électriques au seul point phrénique classiquement connu, nous ne disposons d'aucun moyen de distinguer

l'action de ces différents nerfs. Mais le lecteur voudra bien noter que tout ce qui est observé à propos du nerf phrénique doit s'entendre en réalité d'un « système phréniques-sous-claviers ».

TABLEAU I

Chronaxies chez des sujets normaux au point de vue de la fonction motrice du diaphragme. — Malades du Sanatorium des Etudiants.

Sujets	Dates	Chronaxie du phrénique		Chr. d'un antagoniste (grd oblique)	
		Droite	Gauche	droite	gauch :
M. VALL. . . .	20/4/34	0σ, 20	0σ, 20	0σ, 12	0σ, 11
	4/5/34	0σ, 20	0σ, 22	0σ, 12	0σ, 11
M. BAUD. . . .	10/4/34	0σ, 30	0σ, 25	0σ, 15	0σ, 14
	7/5/34	0σ, 27	0σ, 25	0σ, 13	0σ, 14
M. PAJ.	10/4/34	0σ, 20	0σ, 20	0σ, 10	0σ, 12
	14/5/34	0σ, 22	0σ, 21	0σ, 10	0σ, 11
M. MIC.	6/4/34	0σ, 20	0σ, 20	0σ, 10	0σ, 10
	12/4/34	0σ, 22	0σ, 21	0σ, 12	0σ, 10
M. SAM.	24/4/34	0σ, 27	0σ, 27	0σ, 12	0σ, 12
	9/5/34	0σ, 27	0σ, 27	0σ, 11	0σ, 12
M. GAC.	3/4/34	0σ, 20	0σ, 23	0σ, 09	0σ, 10
	20/5/34	0σ, 22	0σ, 23	0σ, 10	0σ, 10
M. CARCO. . .	12/6/34	0σ, 27	0σ, 25	0σ, 15	0σ, 14
	13/6/34	0σ, 27	0σ, 25	0σ, 14	0σ, 14
M. CORN. . . .	25/4/34	0σ, 25	0σ, 27	0σ, 15	0σ, 16
	25/5/34	0σ, 25	0σ, 27	0σ, 16	0σ, 16
M. ALL.	15/6/34	0σ, 23	0σ, 22	0σ, 12	0σ, 12
	17/6/34	0σ, 23	0σ, 22	0σ, 12	0σ, 12
M. JOUR. . . .	15/6/34	0σ, 25	0σ, 20	0σ, 15	0σ, 15
	17/6/34	0σ, 25	0σ, 22	0σ, 15	0σ, 15

EXAMEN ELECTRIQUE SOUS ECRAN

Cette recherche se fait ainsi que la précédente sur des sujets auxquels on demande de respirer normalement mais lentement. Nous pensons que les sujets qui retiennent volontairement leur respiration, s'ils sont plus faciles à examiner, risquent de fausser les résultats des mesures. Il vaut mieux que l'observateur s'entraîne à pratiquer ses recherches sur un diaphragme animé des mouvements de la respiration normale. Il importe de noter que les mouvements du diaphragme déterminés par l'excitation électrique du nerf phrénique sont plus amples et plus intenses que les mouvements de la respiration normale réflexe ou ceux de la respiration volontaire.

L'excitation du nerf phrénique au niveau du cou détermine un abaissement brusque de l'hémi-diaphragme du côté excité ; l'amplitude du mouvement est plus grande que celle que l'on constate au cours de l'inspiration physiologique profonde. Cet abaissement est accompagné d'une projection des côtes inférieures en dehors et d'un élargissement des espaces intercostaux. La réponse diaphragmatique observée a été strictement unilatérale chez tous nos sujets. Cependant l'hémi-diaphragme du côté opposé à l'excitation se déplace passivement et en sens inverse sous la poussée de la contraction du muscle excité transmise par la masse des viscères abdominaux. Nous avons constaté en effet à chaque excitation un *mouvement de balance* du diaphragme, d'une très grande amplitude ; on dirait presque dans certains cas que l'amplitude du mouvement est égale de chaque côté tout en étant de sens contraire. Il nous semble donc que ce mouvement de balance ne doit pas être toujours interprété comme un signe de paralysie hémi-diaphragmatique. C'est aussi la réaction d'un diaphragme normal sous l'action d'une impulsion phrénique unilatérale, subite, et violente.

Par contre, nous n'avons jamais observé, en excitant un nerf phrénique sain une contraction active de l'hémi-diaphragme du côté opposé ainsi qu'on aurait pu s'attendre à la voir si le nerf phrénique avait eu une action motrice sur les territoires de son symétrique. Cependant on ne peut pas écarter avec certitude l'hypothèse d'une action motrice d'un

nerf phrénique sur l'hémi-diaphragme du côté opposé ; il se pourrait en effet qu'une contraction très faible de cet hémi-diaphragme soit largement compensée et comme annihilée au cours du mouvement passif de balance. On ne voit pas très bien d'ailleurs comment on pourrait expérimenter, du moins chez l'homme, sur un diaphragme vivant mis à l'abri des réactions de la masse abdominale.

Quant à l'excitation sous écran des points moteurs des muscles abdominaux, elle nous a montré, comme on pouvait s'y attendre une ascension lente, de faible amplitude et sûrement passive, de l'hémi-diaphragme correspondant. L'hémi-diaphragme du côté opposé reste inerte.

MESURE DE LA CHRONAXIE PHRÉNIQUE SOUS ÉCRAN

Il est facile de pratiquer sous écran des mesures de chronaxie, les seuils sont souvent plus précis qu'à l'examen direct. Chez certains sujets, l'amplitude de la contraction diaphragmatique étant très diminuée, les seuils de contraction ne peuvent être saisis à l'examen direct et la mesure des chronaxies ne peut être faite que sous écran.

ROLE DES NERFS INTERCOSTAUX. — L'excitation de certains points thoraciques dont la chronaxie est voisine de 05,10, points situés au niveau des 8^e, 9^e et 10^e espaces intercostaux, sur la ligne axillaire, nous donnait des doutes pour l'interprétation des mouvements de la base du thorax perçus à l'examen direct. Nous pouvions penser à une contraction active de certains faisceaux du diaphragme, ce qui posait le problème d'une innervation motrice par les nerfs intercostaux. Sous le contrôle de la radioscopie nous n'avons pas observé de déplacement actif du diaphragme par l'excitation de ces points. Ce fait vient confirmer l'opinion de la plupart des anatomistes et physiologistes contemporains qui nient l'existence d'une innervation motrice de certains faisceaux du diaphragme par les nerfs intercostaux. Le nerf phrénique paraît bien être le seul nerf moteur du diaphragme.

EXCITATION ÉLECTRIQUE DIRECTE DU DIAPHRAGME. — Notre technique ne nous a pas encore permis d'exciter directement

le muscle diaphragme d'une façon courante comme BOURGUIGNON est arrivé à le faire. Une fois seulement chez un sujet très maigre l'excitation d'un point situé au niveau de la 9^e côte sur la ligne axillaire postérieure a déterminé une réponse dans les faisceaux postérieurs du muscle avec une chronaxie de 0,25 à droite et 0,22 à gauche.

EXAMEN DES PHRENICECTOMISES RECENTS

L'étude de certains sujets vus après l'intervention chirurgicale sur le nerf phrénique nous a permis de vérifier la *loi des répercussions réflexes* de G. BOURGUIGNON. Celui-ci a en effet montré qu'au cours d'un processus d'activité portant sur un nerf (activité de dégénérescence ou de régénération), la chronaxie du point moteur des muscles innervés par le nerf symétrique est augmentée ; cette augmentation peut porter aussi sur le nerf symétrique mais elle est moins importante et moins constante que celle du point moteur des muscles innervés par ce nerf. Quand le processus de dégénérescence ou de régénération est terminé, la chronaxie des muscles et du nerf symétrique revient à la normale.

Une étude précise du phénomène de répercussion, dans le cas d'une paralysie hémidiaphragmatique par phrénicectomie, exigerait qu'il soit possible d'exciter facilement le point moteur musculaire du diaphragme. Nous avons vu que cette excitation ne peut pas être encore réalisée de façon courante. Mais d'ores et déjà, l'excitation du phrénique du côté opposé à l'intervention nous permet une première mesure assez approchée du phénomène de répercussion.

On comprendra facilement qu'il est très important de pouvoir connaître par des mesures électriques la fin de la période de *dégénérescence* et éventuellement de régénération du nerf phrénique après section chirurgicale. La recherche des répercussions réflexes est couramment utilisée en particulier par BOURGUIGNON à la Salpêtrière, dans l'étude des paralysies et sections des nerfs des membres. Dès à présent elle peut donner des renseignements utiles sur la dégénérescence du nerf phrénique, et plus tard, quand on pourra couram-

ment exciter électriquement le point moteur musculaire du diaphragme cette recherche permettra des mesures d'une très grande précision qui apporteront des renseignements précieux sur la valeur de la phrénicectomie.

On voit donc que l'étude électrique chez les sujets phrénicectomisés ne portera pas tant sur le phrénique sectionné que sur les réactions du phrénique du côté opposé qui nous permettent d'après la loi des répercussions, de connaître l'état d'activité du nerf phrénique sectionné.

Pour toutes ces mesures, nous avons examiné systématiquement les malades phrénicectomisés ; chez chacun d'eux nous avons vérifié que l'excitation cervicale du phrénique au-dessus de son point d'arrachement ne provoquait aucune réponse du diaphragme. Quant à l'excitation du phrénique opposé elle était toujours suivie du mouvement de balance que nous avons vu plus haut, même chez les malades qui ne présentaient pas ce mouvement de balance lors de l'impulsion respiratoire physiologique. Dans le cas de paralysie gauche, par arrachement du phrénique gauche, l'excitation du côté sain détermine une ascension brusque du niveau liquide stomacal, sans qu'il y ait toujours ascension de la coupole paralysée : il se fait en somme une réduction de la poche à air gastrique, ce qui tendrait à montrer que le mouvement paradoxal est bien dû à la force de pression du diaphragme actif, transmise par les viscères abdominaux.

ETUDE DE LA REPERCUSSION

Nous avons tâché d'étudier approximativement la durée de la dégénérescence en mesurant à diverses époques la chronaxie du nerf phrénique sain.

OBSERVATION 1. — M. Sei..., sanatorium A. M. M. Répercussion réflexe ayant duré six semaines environ après l'intervention.

Dates	Chronaxie du phrénique	
	droit	gauche
1 5 34	0σ, 20	0σ, 20
2 5 34	Phrénicectomie droite	
8 5 34		0σ, 25
16 5 34		0σ, 27
16 6 34		0σ, 20

OBSERVATION 2. — M. Gau..., sanatorium A. M. M. Répercussion réflexe ayant duré quatre semaines environ après l'intervention.

Dates	Chronaxie du phrénique	
	gauche	droit
1 5 34	0σ, 20	0σ, 26
2 5 34		Phrénicectomie gauche
8 5 34	inexcitable	
16 5 34	inexcitable	
29 5 34	inexcitable	
16 6 34	inexcitable	0σ, 25

OBSERVATION 3. — M. Dior..., sanatorium A. M. M. Répercussion réflexe ayant duré cinq semaines environ après l'intervention.

Dates	Chronaxie du phrénique	
	gauche	droit
8/5/34	0σ, 20	0σ, 20
9/5/34		Phrénicectomie gauche
1/6/34	inexcitable	
7/6/34	inexcitable	
16/6/34	inexcitable	

OBSERVATION 4. — M. Gui..., sanatorium A. M. M. Répercussion réflexe ayant duré un mois et demi environ après l'intervention.

Dates	Chronaxie du phrénique	
	droit	gauche
1/5/34	0σ,20	0σ,25
2/5/34	Phrénicectomie droite	
8/5/34	inexcitable	0σ,75
16/5/34	inexcitable	0σ,75
16/6/34	inexcitable	0σ,25

PHRÉNICECTOMISÉS ANCIENS AVEC PERSISTANCE DE L'IMMOBILITÉ DIAPHRAGMATIQUE. — L'étude de ces malades nous a permis de retrouver le syndrome des phrénicectomisés récents : l'excitation au niveau de la cicatrice ne produit aucune contraction du diaphragme ; l'excitation du phrénique sain déterminant une contraction du diaphragme correspondant et un soulèvement passif du diaphragme paralysé, mouvement de balance que nous avons retrouvé chez tous les phrénicectomisés examinés. La mesure de la chronaxie du phrénique sain montre que le phrénique opéré n'est le siège d'aucune activité ni de dégénérescence, ni de régénération (chronaxie normale et non augmentée, c'est-à-dire comprise entre 0σ,20 et 0σ,32). On peut donc conclure que la dégénérescence est achevée et qu'aucune régénération ne se produit. Ce syndrome a été retrouvé chez les malades du tableau suivant ; ces malades étaient tous des sujets présentant une paralysie phrénique déclarée satisfaisante, et, pour la plupart, une ascension diaphragmatique appréciable.

TABLEAU II

*Chronaxie chez les sujets anciennement phrénicectomisés
avec persistance de l'immobilité diaphragmatique.*

Observations	Chronaxie phrénique	
	droite	gauche
M. ROU..., sanatorium du départ du Rhône. 20/7/33. Phrénicectomie droite. 23/5/34 Demi diaph. remonté et immobile.	inexcitable	0σ,25
M. PEL..., sanatorium du départ du Rhône. 3/33. Phrénicectomie droite. 23/5/34. Demi diaph. remonté et immobile.	inexcitable	0σ,25
M. MOR..., sanatorium des étudiants. 9/33. Phrénicectomie droite. 20/4/33. Demi diaph. remonté et immobile.	inexcitable	0σ,30
M. GOM..., sanatorium des étudiants. 15/2/34. Phrénicectomie droite. 27/4/34. Demi diaph. remonté et immobile.	inexcitable	0σ,25
M. REV..., sanatorium A. M. M. 8/33. Phrénicectomie droite. 7/6/34. Demi diaph. remonté et immobile.	inexcitable	0σ,27
M. LEG..., sanatorium A. M. M. 17/10/32. Phrénicectomie droite. 7/6/34. Demi diaph. remonté et immobile.	inexcitable	0σ,23
M. DEV..., sanatorium A. M. M. 16/5/34. Phrénicectomie gauche. 7/6/34. Demi diaph. remonté et immobile.	0σ,30	inexcitable
M. MON..., sanatorium du départ du Rhône. 2/33. Phrénicectomie gauche. 23/5/34. Demi diaph. remonté et immobile.	0σ,30	inexcitable
M. PERO..., sanatorium du départ du Rhône. 18/8/33. Phrénicectomie gauche. 23/5/34. Demi diaph. remonté et immobile.	0σ,27	inexcitable
M. DEN..., sanatorium du départ du Rhône. 20/9/33. Phrénicectomie gauche. 23/5/34. Demi diaph. remonté et immobile.	0σ,32	inexcitable

PHRÉNICECTOMISÉS ANCIENS AVEC REPRISE DES MOUVEMENTS ACTIFS DE L'HÉMI-DIAPHRAGME. — Depuis quelque temps l'attention des phthisiologues a été attirée par la fréquence relative des récupérations de la fonction motrice du diaphragme survenant longtemps après la phrénicectomie. En général, cette reprise des mouvements quand elle existe survient au bout de dix-huit mois ou deux ans. On a voulu l'expliquer par une action de suppléance des autres nerfs qui ont leur terminaison dans le diaphragme : derniers nerfs intercostaux, nerf phrénique de l'autre côté, nerfs sympathiques. M. SERGENT et Clément LALNAY dans leur publication du 27 juin 1933 sur les paralysies et récupérations motrices du diaphragme ont voulu contrôler cette hypothèse de la suppléance ; ils ont excité électriquement les nerfs intercostaux dans les derniers espaces et le nerf phrénique du côté opposé : pas plus que chez le sujet normal ils n'ont vu se produire de contractions dans l'hémi-diaphragme paralysé. Mais l'excitation portant sur la cicatrice cervicale de la phrénicectomie a provoqué, dans quatre cas publiés par eux, la contraction du muscle. Ces auteurs concluent à la régénération du nerf phrénique quand l'arrachement de celui-ci a porté sur un segment assez court. Leur conclusion est que, pour assurer une paralysie définitive, il faut arracher le nerf sur dix centimètres au moins. MM. R. RAUTUREAU, A. SALLÉ et A. BOHÉMIER, en juillet 1933, dans une étude intitulée : *L'état du diaphragme après phrénicectomie*, aboutissent aux mêmes conclusions.

Nous avons recherché si la chronaxie permettait de démontrer la régénération du nerf anciennement arraché ; chez deux sujets, ayant récupéré des mouvements actifs de l'hémi-diaphragme anciennement paralysé, nous avons pu obtenir des réponses de ce muscle par l'excitation au niveau de la cicatrice de la phrénicectomie. Il doit y avoir de nouveau isochronisme entre le nerf phrénique et le diaphragme. Nous avons trouvé une chronaxie augmentée sur ce nerf anciennement arraché, et une chronaxie normale sur le nerf symétrique. Il s'agit donc d'un nerf dont le processus de régénération est achevé, puisque la répercussion réflexe n'existe plus, mais imparfait, puisque la chronaxie du nerf régénéré n'est pas normale. L'amplitude du mouvement diaphragmatique au cours de la respira-

tion normale et de l'excitation électrique sont moins amples qu'ils ne devraient être : ce fait est évidemment en rapport avec une régénération limitée à une partie seulement des fibres et est en accord avec une chronaxie plus grande que normalement. Voici les deux observations de malades qui présentent une régénération du nerf phrénique après arrachement de celui-ci datant respectivement de trois ans et de quinze mois.

OBSERVATION 5. — M. Roch..., sanatorium des Etudiants. Tuberculose cavitaire apicale droite. Début en mars 1930. Pneumothorax abandonné en janvier 1931.

Le 13 mars 1931, phrénicectomie droite (arrachement de huit centimètres), ascension rapide de six centimètres et immobilité de l'hémi-diaphragme droit. Amélioration en septembre 1931. En juillet 1933, reprise de l'évolution avec expectoration abondante et bacillifère. Cure de repos au sanatorium de Leysin, pendant six mois, et chrysothérapie.

En décembre 1933, chute de l'hémi-diaphragme droit avec reprise de ses mouvements qui sont synchrones avec ceux du côté opposé.

En avril 1934, examen électrique :

L'excitation électrique légèrement au-dessus de la cicatrice détermine une contraction franche de l'hémi-diaphragme droit. Sous écran on constate que, sous l'influence de cette excitation, l'hémi-diaphragme se contracte dans toute son étendue, mais moins énergiquement que du côté opposé.

Dates	Chronaxie du phrénique	
	droit	gauche
17/4/34	0σ,50	0σ,25
23/4/34	0σ,50	0σ,27
25/5/34	0σ,50	0σ,25
25/6/34	0σ,50	0σ,25

OBSERVATION 6. — M. Flo..., sanatorium A. M. M. Tuberculose cavitaire sous-claviculaire droite ayant débuté en janvier 1933.

Le 8 février 1933, phrénicectomie droite ; ascension de l'hémi-diaphragme droit de quatre centimètres et immobilité. Amélioration. Mai 1934, reprise des mouvements synergiques de l'hémi-diaphragme droit avec le gauche. Mai 1934, examen électrique,

L'excitation électrique légèrement au-dessus' de la cicatrice détermine une contraction de faible amplitude de l'hémi-diaphragme droit anciennement paralysé.

Dates	Chronaxie du phrénique	
	droit	gauche
16/5/34	0σ,75	0σ,22
20/5/34	0σ,70	0σ,25
1/6/34	0σ,70	0σ,25

PHRÉNI-ALCOOLISÉS AVEC PERSISTANCE DE L'IMMOBILITÉ HÉMI-DIAPHRAGMATIQUE. — Les résultats observés chez les phrénicec-tomisés se retrouvent chez les malades qui ont subi anciennement une alcoolisation du nerf phrénique. Dans les alcoolisations anciennes on peut distinguer deux syndromes électriques selon que le nerf est paralysé ou régénéré. Dans le premier cas on constate la persistance de la paralysie. A l'examen électrique le nerf est inexcitable au niveau de la cicatrice ; la chronaxie du nerf du côté opposé est normale. Dans le second cas, l'excitation électrique au niveau de la cicatrice détermine une contraction de l'hémi-diaphragme habituellement immobile : il y a donc régénération du nerf avec rétablissement de l'isochronisme entre le phrénique et le diaphragme. Mais la mesure de la chronaxie de ce nerf montre qu'elle est franchement augmentée et, en général, plus que doublée. On peut donc supposer qu'il existe un hétérochronisme entre le nerf phrénique et les neurones qui agissent sur lui et, par suite, que les influx qui excitent normalement le nerf phrénique ne peuvent pas agir sur lui. On peut donc expliquer l'immobilité de l'hémi-diaphragme au cours des mouvements respiratoires actifs par une paralysie fonctionnelle. Quant à la chronaxie du côté opposé nous l'avons toujours trouvée augmentée : elle témoigne donc d'un état de répercussion réflexe et indique que le nerf alcoolisé est actuellement le siège d'une régénération. Tel est le syndrome que nous avons trouvé chez trois de nos malades.

a) Deux observations de persistance de l'immobilité de l'hémi-diaphragme avec nerf dégénéré :

OBSERVATION 7. — M. Cher..., malade du sanatorium A. M. M. Tuberculose ulcéro-caséreuse du sommet gauche.

15 novembre 1933. Alcoolisation du nerf phrénique gauche ; immobilité persistante de l'hémi-diaphragme correspondant.

7 juin 1934. Examen électrique. L'excitation au niveau de la cicatrice ne détermine aucune réponse. A droite, chronaxie du nerf phrénique : 05,25.

OBSERVATION 8. — M. Bra..., sanatorium des Etudiants. Tuberculose ulcéro-caséreuse du poumon droit. Pneumothorax électif de la base droite.

19 mars 1934. Alcoolisation du nerf phrénique droit.

11 mai 1934. Examen électrique : l'excitation au niveau de la cicatrice ne détermine aucune réponse. A gauche, chronaxie du nerf phrénique : 05,30.

b) Trois observations de persistance de l'immobilité de l'hémi-diaphragme avec nerf régénéré :

OBSERVATION 9. — M. Hav..., sanatorium A. M. M. Tuberculose ulcéro-fibreuse du sommet gauche.

Le 12 novembre 1932, alcoolisation du nerf phrénique gauche. Ascension et immobilité de l'hémi-diaphragme correspondant.

16 mai 1934, persistance de l'immobilité vérifiée sous écran.

Examen électrique : l'excitation au niveau de la cicatrice détermine une contraction vive de l'hémi-diaphragme gauche.

Chronaxie du nerf phrénique

droit	gauche
05,50	05,75

OBSERVATION 10. — M. Gra..., sanatorium des Etudiants. Tuberculose cavitaire sous-claviculaire droite ayant débuté en octobre 1933.

21 février 1934, alcoolisation du nerf phrénique droit. Ascension et immobilité de l'hémi-diaphragme droit.

Examen électrique

Dates	Chronaxie du nerf phrénique	
	droit	gauche
12/4/34	inexcitable	05,60
3/5/34	inexcitable	05,27
20/5/34	inexcitable	05,27
9/6/34	05,70	05,60
11/6/34	05,70	05,60

OBSERVATION 11. — M. Fac..., sanatorium A. M. M. Tuberculose cavitaire de la partie moyenne du poumon gauche.

31 mai 1933, alcoolisation du nerf phrénique gauche. Ascension et immobilité persistantes de l'hémi-diaphragme correspondant, vérifiées sous écran.

16 mai 1934, examen électrique : l'excitation électrique au niveau de la cicatrice détermine des contractions de tout l'hémi-diaphragme gauche.

Chronaxie du nerf phrénique

droit	gauche
05,45	05,75

PHRÉNI-ALCOOLISÉS ANCIENS AVEC REPRISE DE MOUVEMENTS ACTIFS DE L'HÉMI-DIAPHRAGME. — Ces malades se comportent exactement comme les phrénicectomisés anciens avec reprise des mouvements, c'est-à-dire qu'on observe chez eux le syndrome suivant : 1° l'excitation électrique du nerf alcoolisé au niveau de la cicatrice détermine la contraction de l'hémi-diaphragme correspondant, la chronaxie est normale ou légèrement augmentée, mais non doublée ; 2° les mouvements actifs de l'hémi-diaphragme du côté alcoolisé sont rétablis ; 3° la chronaxie du côté opposé est normale ou légèrement augmentée, ce qui prouve que la régénération est achevée ou touche à sa fin. Ce syndrome a été retrouvé chez trois de nos malades.

OBSERVATION 12. — M. Arr..., malade du sanatorium A. M. M. Tuberculose bilatérale ulcéro-caséuse. Pneumothorax gauche

31 mai 1933, alcoolisation du nerf phrénique droit. Ascension et immobilité de l'hémi-diaphragme droit.

16 mai 1934; les mouvements ont repris. Examen électrique : l'excitation électrique au niveau de la cicatrice détermine la contraction de l'hémi-diaphragme correspondant.

Chronaxie du nerf phrénique

droit	gauche
05,20	05,25

OBSERVATION 13. — M. Gra..., sanatorium A. M. M. Tuberculose cavi-taire du sommet gauche.

Mars 1933. Alcoolisation du nerf phrénique gauche. Immobilité et ascension persistante de l'hémi-diaphragme correspondant.

16 mai 1934. Les mouvements ont repris. Examen électrique : l'excitation électrique au niveau de la cicatrice détermine des contractions de l'hémi-diaphragme correspondant.

Chronaxie du nerf phrénique

droit	gauche
05,25	05,27

OBSERVATION 14. — M. Mis..., sanatorium A. M. M. Tuberculose cavi-taire droite ayant nécessité une thoracoplastie droite.

Mars 1932. Alcoolisation du nerf phrénique droit. Immobilité et ascension de l'hémi-diaphragme correspondant.

Mai 1934. Les mouvements ont repris. Examen électrique : l'excitation au niveau de la cicatrice détermine des contractions de l'hémi-diaphragme correspondant.

Chronaxie du nerf phrénique

droit	gauche
05,25	05,70

Nous avons résumé les résultats des mesures pratiquées dans le tableau schématique suivant :

Résumé des résultats exposés ci-dessus

	Phrénicectomie	Syndr. élect. du côté de l'interv.	Syndr. élect. côté opposé
Phrénicectomie	Récente	Dégénérescence en cours inexcitable.	Répercussion réflexe, chronaxie augmentée.
	Ancienne avec immobilité persistante.	Dégénérescence complète, inexcitable.	Pas de répercussion réflexe. Chronaxie normale.
	Ancienne avec reprise des mouvements.	Régénération achevée, chronaxie légèrement augmentée.	Pas de répercussion réflexe. Chronaxie normale.
Alcoolisation	Ancienne avec immobilité persistante.	Dégénérescence complète, inexcitable.	Pas de répercussion réflexe. Chronaxie normale.
	Ancienne avec immobilité persistante.	Régénération. Chronaxie plus que doublée.	Répercussion réflexe, chronaxie augmentée.
	Ancienne avec reprise des mouvements.	Régénération achevée, chronaxie anormale ou légèrement augmentée.	Pas de répercussion réflexe. Chronaxie normale.

En d'autres termes, nous avons observé chez les malades opérés les quatre syndromes suivants :

1) *Syndrome de dégénérescence en activité* : immobilité de l'hémi-diaphragme du côté de l'intervention, inexcitabilité du phrénique opéré, répercussion réflexe avec chronaxie augmentée du côté opposé ; ce syndrome s'observe chez les phrénicectomisés ou les phréni-alcoolisés récents.

2) *Syndrome de dégénérescence achevée* : immobilité de l'hémi-diaphragme du côté de l'intervention, inexcitabilité du phrénique du côté opéré, absence de répercussion réflexe, car chronaxie normale du côté opposé ; ce syndrome s'observe chez les phrénicectomisés et les phréni-alcoolisés au bout d'un certain nombre de semaines.

3) *Syndrome de régénération en cours* : immobilité habituelle de l'hémi-diaphragme du côté correspondant, mais réaction motrice sous l'excitation électrique portée au niveau de la cicatrice ; chronaxie fortement augmentée (au moins doublée) du côté opéré ; isochronisme nerf muscle qui explique la pos-

sibilité d'obtenir des mouvements du diaphragme par l'excitation du nerf, hétérochronisme centre-nerf supposé pour expliquer la paralysie fonctionnelle ; existence d'une répercussion réflexe avec chronaxie augmentée du côté opposé. Ce syndrome a pu être observé chez des phrénico-alcoolisés anciens.

4) *Syndrome de régénération achevée* : reprise des mouvements actifs de l'hémi-diaphragme du côté opéré, excitabilité électrique du phrénique anciennement arraché ou alcoolisé avec chronaxie normale ou augmentée, mais non doublée. Absence de répercussion réflexe (chronaxie normale du côté opposé). Ce syndrome s'observe chez des alcoolisés anciens ; nous l'avons également noté chez deux phrénicectomisés anciens sous cette seule réserve que les mouvements de l'hémi-diaphragme récupéré sont plus paresseux, qu'il s'agisse de mouvements physiologiques actifs ou de la réponse à l'excitation électrique.

*
* *

En pratiquant l'examen électrique de nos malades nous avons noté l'existence de certains phénomènes ou plutôt de certains aspects particuliers de la cinétique diaphragmatique. Nous n'avons pas la prétention d'en faire ici un examen approfondi, mais nous voudrions intéresser tous les phthisiologues à leur étude et leur montrer que les mesures de chronaxie peuvent les éclairer utilement sur certains états physiologiques ou pathologiques du diaphragme tel que l'*inertie du diaphragme* sans phrénicectomie et le *mégadiaphragme gauche*.

Enfin, nous avons profité de l'étude des sujets phrénicectomisés pour rechercher l'influence de cette intervention sur la chronaxie vestibulaire, qui fait l'objet de recherches de l'un de nous.

a) LES DIAPHRAGMES INERTES

L'étude électrique doit donner un moyen de distinguer à coup sûr, en présence d'un diaphragme immobile, s'il s'agit d'un diaphragme paralysé ou d'un diaphragme immobilisé. Dans le premier cas, on constate une inexcitabilité totale s'il s'agit d'une paralysie périphérique (disparition de l'isochro-

nisme nerf-muscle), soit une excitabilité par le nerf avec chronaxie fortement augmentée, au moins doublée s'il s'agit d'une paralysie par disparition probable de l'isochronisme centre-nerf avec conservation de l'isochronisme nerf-muscle.

Dans le second cas, au contraire, toutes les réactions électriques sont normales et l'excitation sous écran du nerf phrénique permet d'observer une contraction normale de l'hémi-diaphragme habituellement immobile : il s'agit d'un diaphragme immobilisé par un obstacle mécanique (symphyse pleurale) assez fort pour résister aux sollicitations des mouvements respiratoires actifs, mais qui ne résiste pas à la puissance de l'impulsion électrique. C'est le syndrome que nous avons observé chez trois de nos malades. Dans l'un de ces cas, l'immobilité s'accompagne d'une ascension franche de l'hémi-diaphragme et cependant l'excitation électrique détermine une réponse normale du muscle; dans ce cas nous hésitions à pratiquer une alcoolisation du nerf phrénique en présence d'une évolution parenchymateuse, le pneumothorax étant impossible à pratiquer à cause justement de la symphyse pleurale. Ayant constaté la réaction positive de cet hémi-diaphragme à l'excitation électrique nous avons pensé que l'alcoolisation était indiquée malgré l'absence de tout mouvement volontaire de l'hémi-diaphragme. Cette intervention a été pratiquée tout récemment et nous ne pouvons pas encore en donner le résultat.

OBSERVATION 1. — M. Boh..., sanatorium A. M. M. Tuberculose fibro-caséeuse du sommet droit et séquelle de pleurésie droite. Hémi-diaphragme droit complètement immobile.

Examen électrique : l'excitation du nerf phrénique droit au niveau du cou détermine une contraction franche de l'hémi-diaphragme habituellement immobile, avec chronaxie normale.

Chronaxie du nerf phrénique

droit	gauche
05,20	05,22

OBSERVATION 2. — M. Mer..., sanatorium A. M. M. Scissurite droite et gauche. Séquelle de pleurésie droite, ascension et immobilité de l'hémi-diaphragme droit.

Examen électrique : l'excitation du nerf phrénique droit détermine une contraction franche de l'hémi-diaphragme habituellement immobile.

Chronaxie du nerf phrénique

droit	gauche
0σ,22	0σ,22

OBSERVATION 3. — M. Lebr..., sanatorium des Etudiants. Tuberculose cavitaire sous-claviculaire droite. Séquelle de pleurésie droite, hémi-diaphragme droit immobile.

Examen électrique : l'excitation du nerf phrénique droit détermine une contraction franche de l'hémi-diaphragme habituellement immobile.

Chronaxie du nerf phrénique

droit	gauche
0σ,20	0σ,22

b) MÉGADIAPHRAGMES GAUCHES

Il est fréquent de rencontrer lors d'un examen radioscopique une coupole diaphragmatique remontée limitant une volumineuse poche à air gastrique et dont l'amplitude des mouvements est notablement diminuée et parfois presque nulle. R. DENIS, H. HEUDTHON et O. GARRE ont donné dernièrement une explication de ce phénomène. Ils l'attribuent à une activité de rétraction du parenchyme pulmonaire. Cette pathogénie reste à démontrer. D'autre part, sans vouloir établir si ces mégadiaphragmes sont en rapport avec des altérations pulmonaires ou gastriques, nous nous sommes simplement attachés à connaître l'état fonctionnel du système moteur phrénique-diaphragme. Chez de tels sujets nous avons été frappés de trouver toujours une *augmentation considérable de la chronaxie du nerf phrénique gauche*. Notre étude aurait été évidemment plus complète si nous avions pu mesurer la chronaxie du point moteur musculaire du diaphragme, nous n'avons pas encore pu y parvenir, mais d'ores et déjà la chronaxie augmentée sur le nerf montre que ces diaphragmes paresseux sont l'objet d'une altération, qu'il s'agisse d'une maladie propre du diaphragme ou d'une altération des viscères adjacents. Nous présentons seulement quatre observations de mégadiaphragme gauche sans phrénicectomie ; dans deux cas la mesure de la chronaxie conserve toute sa valeur, en

l'absence de toute altération d'origine chirurgicale. Dans deux autres cas une phrénicectomie ou une alcoolisation ont été pratiquées du côté droit et l'on peut se demander si le mégadiaphragme gauche n'a pas eu pour cause l'altération due à la répercussion réflexe. Ce fait ne pourrait être éclairci qu'en examinant des mégadiaphragmes gauches avant et après phrénicectomie droite. Quant à l'étude des mégadiaphragmes gauches causés par une phrénicectomie gauche, elle se limite à la constatation d'une inexcitabilité totale du système phrénique-diaphragme. Quoi qu'il en soit, nous nous limiterons à la présentation des observations suivantes :

OBSERVATION 1. — M. Gel..., sanatorium A. M. M. Lésions tuberculeuses nodulaires sous-claviculaires droites ; rien à gauche ; volumineuse poche gastrique avec amplitude des mouvements diaphragmatiques gauches diminués.

Examen électrique : 7 juin 1934, l'excitation électrique du phrénique gauche détermine de fortes contractions qui dépriment la poche à air gastrique.

Chronaxie phrénique

droit	gauche
0σ,50	0σ,60

OBSERVATION 2. — M. Thi..., sanatorium A. M. M. Tuberculose fibreuse droite, rien à gauche. Volumineuse poche à air gastrique, avec amplitude des mouvements diaphragmatiques gauches diminués.

Examen électrique : 7 juin 1934, l'excitation électrique du phrénique gauche détermine de fortes contractions qui dépriment la poche à air gastrique.

Chronaxie phrénique

droit	gauche
0σ,30	0σ,60

OBSERVATION 3. — M. Mal..., sanatorium départemental du Rhône, Tuberculose cavitaires sous-claviculaire droite, rien à gauche. Phrénicectomie droite en octobre 1933. Volumineuse poche gastrique avec amplitude des mouvements diaphragmatiques gauches diminués.

Examen électrique : 23 mai 1934. L'excitation du phrénique gauche détermine de fortes contractions qui dépriment la poche à air gastrique.

Chronaxie phrénique

droit	gauche
inexcitable	0σ,45

OBSERVATION 4. — M. Gra..., sanatorium des Etudiants. Tuberculose cavitaire sous-claviculaire droite, rien à gauche. Volumineuse poche à air gastrique, avec amplitude des mouvements diaphragmatiques gauches diminuée, nerf phrénique droit régénéré après alcoolisation.

Examen électrique : 9 juin 1934. L'excitation électrique du phrénique gauche détermine de fortes contractions qui dépriment la poche à air gastrique.

Chronaxie phrénique

droit	gauche
05,70	05,60

En somme, nous avons observé dans ces cas le syndrome suivant : mégadiaphragme gauche, paresse des mouvements, volumineuse poche à air gastrique ; chronaxie augmentée du nerf phrénique gauche, mais non doublée, sauf quand il y a eu altération chirurgicale.

RETENTISSEMENT VESTIBULAIRE DE LA PHRÉNICECTOMIE. — MM. SERGENT et GEORGES ont mis en évidence le syndrome phrénico-pupillaire dans les affections pleuro-pulmonaires.

En partant de ce syndrome maintenant devenu classique, nous avons cherché par analogie s'il n'existait pas un retentissement des altérations phréniques sur l'excitabilité du système vestibulaire qui est sous la dépendance du sympathique cervical au même titre que la pupille. Effectivement nous avons constaté chez un certain nombre de sujets ayant subi la phrénicectomie une modification de la chronaxie vestibulaire du côté opéré, cette modification se produit constamment dans le sens de l'augmentation de la chronaxie si l'on prend pour test le seuil de l'inclinaison latérale de la tête. Cette modification peut s'expliquer par le rapport étroit qui existe entre le phrénique et le sympathique cervical d'une part, le sympathique cervical et le nerf vestibulaire d'autre part. Rappelons seulement que la chronaxie de celui-ci est très grande (125 à 255), chronaxie voisine de celle du sympathique, système lent. Cette répercussion de la phrénicectomie sur le nerf vestibulaire n'apporte pas de trouble fonctionnel perceptible, comme cela se voit très souvent dans ces phénomènes de répercussion. La modification est uniquement d'ordre chronaxique. Nous nous contenterons ici de citer quelques mesures faites chez des

sujets phrénicectomisés. Nos résultats se rapprochent de ceux de M. GON (thèse de Montpellier, 1933) sur les répercussions labyrinthiques de l'ablation du sympathique cervical avec cette différence qu'il mesure l'excitabilité du vestibule avec les épreuves otologiques classiques et que son étude porte sur les sujets ayant subi une altération importante de leur nerf sympathique cervical, mais non du phrénique.

Sujets sana ; départ. Rhône	Chronaxie vestibulaire	
	droite	gauche
M. ROUS... 20/7/33. Phrénicectomie droite 23/5/34.	25 σ	20 σ
M. PEL... Février 33. Phrénicectomie gauche 23/5/34.	20 σ	17 σ
M. MON... Février 33. Phrénicectomie gauche 23/5/34.	13 σ ,5	17 σ ,5
M. MAL... Octobre 33. Phrénicectomie droite 23/5/34.	20 σ	15 σ
M. PERO... Août 33. Phrénicectomie gauche 23/5/34.	21 σ	25 σ
M. DEN... Septembre 33. Phrénicectomie gauche 23/5/34.	18 σ ,5	20 σ

Il y a donc, dans tous les cas, une légère augmentation de la chronaxie vestibulaire du côté phrénicectomisé par rapport à celle du côté sain.

CONCLUSION

Nous nous sommes efforcés d'apporter une contribution à la séméiologie du diaphragme en utilisant les excitations électriques du nerf phrénique ou mieux, du « système » phrénique sous écran radioscopique, et à la mesure de sa chronaxie. Cette étude trouvera un nouveau développement lorsqu'il sera possible d'explorer directement le diaphragme par le courant électrique. L'excitation électrique sous écran nous a montré que, seul, le système phrénique semble avoir une action motrice sur l'hémi-diaphragme correspondant, à l'exclusion des nerfs intercostaux et du nerf phrénique du côté opposé. De plus, cette excitation provoque toujours un mouvement de balance avec ascension de l'hémi-diaphragme opposé au côté excité.

Nous avons retrouvé sur nos malades les valeurs de chronaxie normale données par G. BOURGUIGNON et ainsi nous avons aussi vérifié l'antagonisme chronaxique entre le diaphragme et les muscles abdominaux.

Ayant travaillé sur les sujets normaux et sur les sujets phrénicectomisés et phréni-alcoolisés récents ou anciens, nous avons été amenés à schématiser les résultats en plusieurs syndromes basés sur la *dégénérescence* ou la *régénération* du nerf phrénique arraché ou alcoolisé et sur les *altérations de la chronaxie du nerf phrénique opposé* qui accompagnent ces états dégénératifs ou régénératifs. Nous avons retrouvé dans tous les cas que la loi de BOURGUIGNON sur les répercussions réflexes s'applique au nerf phrénique.

En dehors de la phrénicectomie nous avons cherché à appliquer l'examen électrique à l'étude des *diaphragmes inertes*, en apparence paralysés, en réalité immobilisés. Nous avons pu constater, d'autre part, que les *mégadiaphragmes gauches*, diaphragmes paresseux sus-jacents à une volumineuse poche à air gastrique, avaient des réactions électriques altérées ; enfin chez les sujets phrénicectomisés nous pensons que, seule, la chronaxie permet d'apprécier des retentissements cliniquement imperceptibles, en particulier ceux qui portent sur le *nerf vestibulaire*.

Si nous nous permettons de présenter ces premiers résultats avant qu'une étude approfondie de tous ces faits ait pu être achevée, c'est que l'action de la phrénicectomie n'étant pas encore parfaitement connue nous voudrions donner le signal d'une collaboration entre électrologistes et phtisiologues ; leur travail commun apportera de nouveaux éléments à l'étude cinétique du diaphragme et permettra de connaître toutes les réactions du système que forment avec le diaphragme le nerf phrénique et le nerf sympathique, de préciser les indications de la phrénicectomie et d'en prévoir et d'en apprécier l'efficacité.

Vu : Le Doyen,
ROUSSY.

Vu : Le Président,
LÉON BINET.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris
S. CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

- G. BOURGUIGNON. — La chronaxie chez l'homme. 1 vol., Masson 1923.
- Points moteurs du diaphragme de l'homme et chronaxie normale *Bulletin de la Société de biologie*, 4 juillet 1931.
 - Modification de l'excitabilité par répercussion réflexe chez l'homme. *Bulletin de la Société de biologie*, 3 février 1933.
 - Chronaxie vestibulaire. *Revue de neurologie*, 1927 et *compte rendu de la Société de biologie*, 1929.
- BERTHET. — Innervation du diaphragme, Grenoble, 1932.
- BÉRARD, DUMAREST et DESJACQUES. — La phrénicectomie, 1 vol., Masson, 1933.
- BOÑNIOT et FOIX. — Les indications de la phrénicectomie. *Archives médico-chirurg.*, juin 1934.
- CORDET et PHILARDEAU. — La collapsothérapie par alcoolisation du nerf phrénique. *Presse médicale*, 1931.
- DENIS Hp., HEUDTHONET O., GARRE. — Les ascensions diaphragmatiques gauches. *La Prensa médica argentina*, 13 septembre 1933.
- GONI. — Innervation vasomotrice de l'appareil auditif après section du sympathique cervical. *Thèse de Montpellier*, 1933.
- GUIRAUD. — Résultats éloignés de la phrénicectomie d'après 120 observations. *Thèse de Lyon*, 1929-30.
- ERNST. — Echecs après paralysie artificielle du diaphragme. *Deutsche Zeitschrift für chir.*, 1931.
- MAURER et MÉGNIN. — Quelques précisions anatomiques utiles pour la phrénicectomie et l'extirpation de la première côte. *Presse médicale*, avril 1932.
- JEANNERET, RIBET et FAMÉ. — Reprise éloignée des fonctions du diaphragme après la phrénicectomie. *Presse médicale*, mai 1934.
- RAUTUREAU. — La collapsothérapie par alcoolisation du nerf phrénique. *Journal médical de Leysin*, octobre 1932.
- RAUTUREAU, A. SALLÉ et A. BOHÉMIER. — L'état du diaphragme après phrénicectomie. *Presse médicale*, 1933.
- SERGENT. — Quelques constatations cliniques sur le nerf phrénique. *Semaine des hôpitaux de Paris*, 20 février 1932.
- SERGENT et Cl. LAUNAY. — Etude physiologique et clinique des paralysies et des récupérations motrices du diaphragme. *Bulletin de l'Académie de médecine*, juin 1933.
- SERGENT et GEORGES. — Syndrome phrénico-pupillaire dans les affections pleuro-pulmonaires. *Presse médicale*, avril 1928, et *Thèse de Paris*, Georges, 1928.
- TRÖITZKY. — Sur la question de l'innervation du diaphragme. *Gazette médicale de Bordeaux*, mai 1929.

